



LE CHANGEMENT CLIMATIQUE EN CATALOGNE

**Résumé exécutif
du Troisième rapport sur
le changement climatique
en Catalogne**



**Generalitat
de Catalunya**



**Institut
d'Estudis
Catalans**

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

LE CHANGEMENT CLIMATIQUE EN CATALOGNE

Résumé exécutif du Troisième rapport sur le changement climatique en Catalogne

Barcelone, 2017



**Generalitat
de Catalunya**



**Institut
d'Estudis
Catalans**

Bibliothèque de Catalogne. Informations CIP :

[**Canvi** climàtic a Catalunya. Francès]

Le Changement climatique en Catalogne : résumé exécutif du Troisième rapport sur le changement climatique en Catalogne. – Première édition

Títol original: El Canvi climàtic a Catalunya : resum executiu del tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya
ISBN 9788439396215 (Generalitat de Catalunya). – ISBN 978-84-9965-386-0 (Institut d'Estudis Catalans)

I. Queralt, Arnau, editor literari II. Catalunya. Generalitat III. Institut d'Estudis Catalans

IV. Títol V. Títol: Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya. Francès

1. Canvis climàtics – Catalunya 2. Gestió ambiental – Catalunya

551.583(460.23)

502.13(460.23)

Il existe une édition complète du *Troisième rapport sur le changement climatique en Catalogne*

(Barcelone, 2016, ISBN 978-84-9965-317-4 [IEC] et ISBN 978-84-393-9448-8

[Gouvernement de la Catalogne]) publiée par l'Institut d'études catalanes et le Gouvernement de la Catalogne, en collaboration avec la Fondation bancaire "la Caixa".

© 2017, Institut d'études catalanes et Gouvernement de la Catalogne

Équipe de rédaction : Xavier Duran, Maria Josep Picó et Lluís Reales

Édité par Arnau Queralt

Traduit par t&s – Traducciones y Tratamiento de la Documentación, S. L.

Première édition : Barcelone, septembre 2017

L'édition de cet ouvrage a été rendue possible grâce à la collaboration de la Fondation bancaire "la Caixa"

Institut d'études catalanes

ISBN : 978-84-9965-386-0

Gouvernement de la Catalogne

ISBN : 978-84-393-9621-5

Dépôt légal : B 25747-2017

La version catalane a été révisée linguistiquement par le Service de correction linguistique de l'Institut d'études catalanes

Conception graphique et production éditoriale :

Entité autonome du Journal officiel et des publications

du Gouvernement de la Catalogne (EADOP)



Cette œuvre est libre bien qu'elle soit soumise aux conditions de la licence publique Creative Commons « Pas d'utilisation commerciale ». Vous pouvez la redistribuer, la copier et la réutiliser, dans la mesure où vous citer les auteurs et que vous en faites un usage non lucratif. Vous trouverez une copie complète des termes de cette licence (en catalan) à l'adresse suivante :

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/fr/legalcode>

Cette traduction en français devrait être citée comme suit :

GOUVERNEMENT DE LA CATALOGNE ; INSTITUT D'ÉTUDES CATALANES. *Le changement climatique en Catalogne : résumé exécutif du Troisième rapport sur le changement climatique en Catalogne*. Équipe de rédaction : Xavier Duran, M. Josep Picó et Lluís Reales. Édité par Arnau Queralt. Traduit par t&s – Traducciones y Tratamiento de la Documentación, S. L. Barcelone : Gouvernement de la Catalogne et Institut d'études catalanes, 2017. Aussi disponible en ligne sur : <cads.gencat.cat>.

Sommaire

Introduction	5
Qu'est-ce que le TICCC ?	6
Quels sont ses objectifs ?	6
Qui en est l'instigateur ?	6
Qui a participé ?	6
Pourquoi ce résumé exécutif ?	7
Comment s'articule le résumé exécutif ?	7

1^{re} PARTIE Les bases scientifiques du changement climatique

1.1. Le changement climatique, une réalité manifeste.....	9
1.2. L'évolution récente des émissions de gaz à effet de serre	12
1.3. Forêts, prairies et champs : puits naturels de carbone	18
1.4. En Catalogne, le climat est déjà en train de changer	21
1.5. Le climat de demain : que nous disent les projections climatiques ?	29

2^e PARTIE Systèmes naturels : impacts, vulnérabilité et adaptation

2.1. Incendies, inondations et autres risques d'origine climatique	34
2.2. L'eau, une ressource plus rare	37
2.3. Le littoral catalan, beaucoup plus vulnérable.....	41
2.4. Les écosystèmes : changements de structures, de fonctionnement et dans les services qu'ils nous rendent	45
2.5. Les sols : un élément vivant qui régule le climat et en subit les effets.....	57

3^e PARTIE Systèmes humains : impacts, vulnérabilité, adaptation et atténuation

3.1. Changement climatique et sécurité alimentaire	59
3.2. L'énergie et l'industrie : deux secteurs clé pour réduire les émissions de GES	64
3.3. La mobilité : une question d'habitudes et de planification	70
3.4. Le tourisme : à la recherche de nouveaux modèles	72
3.5. Les déchets : du problème à la ressource	74
3.6. Le changement climatique affecte la santé.....	78
3.7. Repenser le territoire.....	80
3.8. Le défi des montagnes	81

4^e PARTIE La gouvernance et la gestion du changement climatique

4.1. Engagements internationaux et politiques propres	85
4.2. Le commerce d'émissions	86
4.3. La recherche sur le changement climatique en Catalogne.....	87
4.4. La perception publique du changement climatique.....	88
4.5. Des solutions complexes pour un phénomène complexe	90

Annexe. Les personnes qui ont rendu possible le TICCC	91
--	----

Introduction

Le changement climatique est un fait. Il est démontré par les données dont nous disposons actuellement et par la communauté scientifique mondiale qui travaille dans ce domaine sous l'égide du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC).

Sur les dix-sept années les plus chaudes enregistrées, seize d'entre elles sont postérieures à l'année 2000, et, en 2015, pour la première fois dans l'histoire, la température globale moyenne de la planète (température de l'air sur la surface terrestre et marine) a dépassé de 1 °C la température à l'époque pré-industrielle. Enfin, pour la première fois en huit cent mille ans, la concentration de dioxyde de carbone (CO₂) dans l'atmosphère a dépassé la concentration permanente de 400 parties par million.

Les effets de ce réchauffement sont nombreux et conditionneront grandement notre futur collectif. La Catalogne est elle aussi concernée par le changement climatique et ses effets. La température moyenne annuelle de l'air a augmenté de +0,23 °C/décennie pour l'ensemble de la Catalogne sur la période 1950-2014, un chiffre légèrement supérieur au phénomène constaté à l'échelle globale.

Les projections révèlent une augmentation de la température pour les prochaines décennies ainsi qu'une légère diminution des précipitations. Le phénomène tendrait à s'accroître à la moitié du siècle, avec une augmentation de la probabilité de pluies plus intenses ainsi que du nombre et de la durée des sécheresses.

Toute prise de décision doit se fonder sur une information pertinente et de qualité. Elle doit aussi reposer sur un dialogue et un travail commun entre la communauté scientifique ainsi que les décideurs publics et privés. C'est pour cela qu'en 2005, le Gouvernement de la Catalogne et l'Institut des études catalanes ont publié le *Premier rapport sur le changement climatique en Catalogne*, dans lequel était analysé l'état et l'évolution du climat en Catalogne, tant du point de vue des connaissances scientifiques que de la relation avec les systèmes naturels et humains.

Ce premier exercice visant à transposer en Catalogne les analyses et les projections réalisées au niveau mondial et européen par des institutions telles que le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat des Nations unies ou l'Agence

européenne pour l'environnement, a été suivi d'une deuxième édition publiée en 2010. Le 30 janvier 2017, le *Troisième rapport sur le changement climatique en Catalogne* (TICCC), mettant à jour les deux éditions précédentes, a été présenté.

Qu'est-ce que le TICCC ?

Le *Troisième rapport sur le changement climatique en Catalogne* est un rapport indépendant du point de vue scientifique, consacré au territoire catalan (avec les références nécessaires au contexte global et européen), sur l'état du climat et son évolution par rapport aux systèmes naturels et humains, qui a pour ambition de fournir une grande amplitude de thèmes et de services aux différents acteurs du pays.

Quels sont ses objectifs ?

L'objectif du TICCC est d'analyser l'état et l'évolution récente et future du climat en Catalogne, les effets du changement climatique sur les systèmes naturels et humains, la contribution de ces systèmes aux émissions de gaz à effet de serre (GES) et l'adaptation au changement climatique.

Qui en est l'instigateur ?

Le TICCC est élaboré par :

- 1) Le Conseil consultatif pour le développement durable (CADS), organe de conseil du Gouvernement de la Catalogne dans le domaine du développement durable, rattaché au ministère des Affaires et relations institutionnelles et étrangères et de la Transparence.
- 2) Le Bureau catalan du changement climatique, rattaché à la Direction générale de la qualité environnementale et du changement climatique du ministère du Territoire et de la Durabilité.
- 3) Le Service météorologique de Catalogne.
- 4) L'Institut d'études catalanes.

Qui a participé ?

Le TICCC a bénéficié de la participation de plus de cent quarante auteurs et quarante réviseurs, tous scientifiques et experts techniques confirmés en la matière, issus des principaux centres de recherche de notre pays, ainsi que d'unités techniques de plusieurs administrations publiques (voir la liste complète des auteurs et réviseurs à la fin du dossier).

Le docteur Javier Martín Vide, enseignant-chercheur en géographie physique de l'Université de Barcelone était chargé de la coordination scientifique du TICCC, avec la collaboration du Groupe d'experts sur le changement climatique de la Catalogne (GECCC). La publication a également bénéficié du soutien de l'Obra Social "la Caixa".

Pourquoi ce résumé exécutif ?

Le travail que vous tenez entre vos mains est le résumé exécutif que les institutions à l'origine du rapport ont souhaité mettre à la disposition des lecteurs intéressés par les résultats du TICC. Il convient néanmoins de préciser qu'il ne s'agit pas d'une synthèse stricto sensu du rapport, mais d'un document rédigé à des fins de diffusion, dans lequel les messages les plus intéressants du TICC ont été sélectionnés.

C'est pourquoi le résumé exécutif ne prend pas en compte la division par chapitres du rapport et s'articule autour des quatre parties fondamentales du TICC.

Comment s'articule le résumé exécutif ?

Le résumé exécutif s'articule autour des quatre parties suivantes :

- 1) **Les bases scientifiques du changement climatique.** Partie dans laquelle sont décrits le consensus de la communauté scientifique sur le réchauffement de la planète, l'évolution récente des émissions de gaz à effet de serre qui en sont à l'origine et les mesures permettant d'en pallier les effets. Elle présente également les systèmes naturels qui aident à absorber une plus grande quantité de carbone, les variations du climat en Catalogne depuis 1950 et on analyse l'évolution climatique pendant la première moitié du ^{xxi} siècle.
- 2) **Les systèmes naturels : impacts, vulnérabilité et adaptation.** Partie qui se concentre sur les systèmes naturels et qui présente une vision approfondie des risques climatiques et des impacts sur les ressources hydriques, le littoral et les écosystèmes terrestres, aquatiques et marins, tout en abordant également les spécificités des sols.
- 3) **Les systèmes humains : impacts, vulnérabilité, adaptation et atténuation.** Partie dans laquelle sont présentés les impacts, la vulnérabilité et les propositions d'adaptation et d'atténuation du changement climatique dans différents domaines et systèmes humains de la Catalogne (l'agriculture, l'élevage et la pêche ; l'énergie ; l'industrie ; le tourisme ; la santé ; les déchets et les ressources ; le transport, la mobilité et la logistique ; le territoire et l'espace urbain, ainsi que l'interaction entre les systèmes naturels et humains dans les régions de haute montagne).
- 4) **La gouvernance et la gestion du changement climatique** dans laquelle sont abordés les politiques et les instruments nécessaires, l'importance de l'opinion publique, l'état de la recherche en Catalogne et le processus depuis la signature du Protocole de Kyoto jusqu'au Sommet de Paris.

Nous espérons que cette publication vous sera utile et qu'elle permettra d'intégrer le changement climatique dans les actions et les décisions à prendre pour faire ainsi de la Catalogne un pays engagé et résilient à l'égard de l'une des questions les plus fondamentales posée à l'humanité pour ce siècle.

1^{re} PARTIE

Les bases scientifiques du changement climatique



1.1. Le changement climatique, une réalité manifeste

Cela ne fait aucun doute : l'augmentation de la température de la planète est un fait et l'activité humaine en est la principale cause depuis la deuxième moitié du xx^e siècle, tel que le conclut le *Cinquième rapport d'évaluation* du GIEC, achevé en 2014.

Depuis, de nouvelles données viennent confirmer la tendance au réchauffement : en 2015, pour la première fois depuis qu'elle est enregistrée, la température moyenne globale de la planète a dépassé de 1 °C la température de l'ère pré-industrielle. En parallèle, pour la première fois en huit cent mille ans, la concentration de CO₂ dans l'atmosphère a dépassé la concentration de 400 parties par million.

On peut désormais affirmer que le consensus de la communauté scientifique est pratiquement absolu. Des doutes subsistent concernant la vitesse de ce changement à l'avenir, les conséquences à l'échelle régionale et l'accélération ou le ralentissement que ces variations peuvent provoquer dans certaines conditions, par exemple en ce qui concerne les changements sur la surface de glace qui réfléchit les rayons du soleil, ou l'effet des politiques de diminution des émissions. En revanche, il ne subsiste aucun doute concernant le réchauffement de la Terre (figure 1), la responsabilité humaine sur ce phénomène et la gravité de ses effets.

L'augmentation des températures n'est pas l'unique manifestation du changement climatique : d'autres altérations ont été observées, associées à cette augmentation, parmi lesquelles il convient de souligner la diminution de la quantité de neige et de glace, le réchauffement et l'acidification des océans et l'augmentation du niveau de la mer.

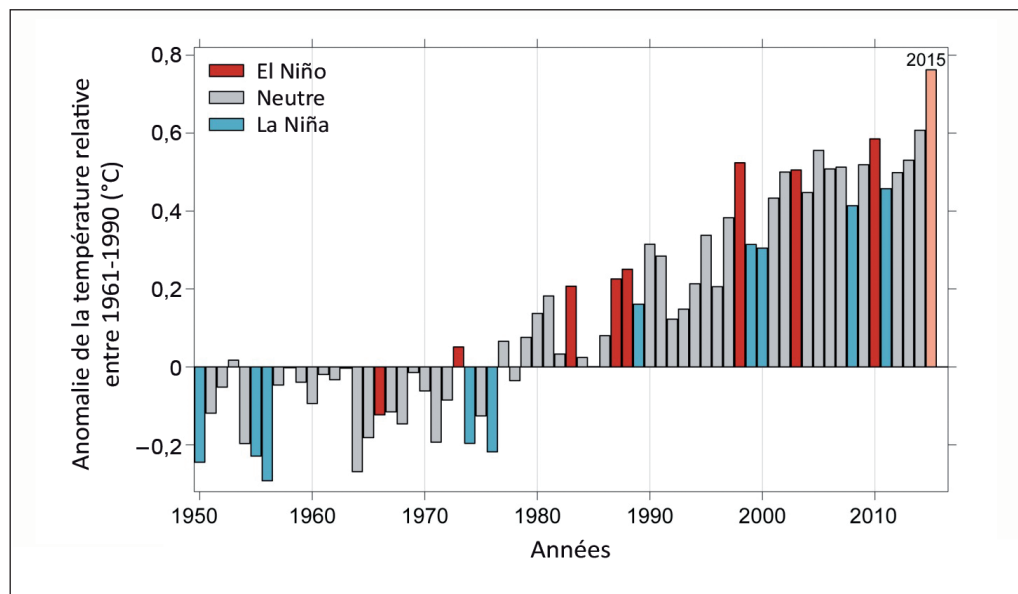


Figure 1. Anomalie de la température globale (1961-1990). La moyenne en 2015 est basée sur les températures entre janvier et octobre. Les colonnes en rouge correspondent aux années durant lesquelles se produit le phénomène El Niño ; les colonnes en bleu correspondent aux années durant lesquelles se produit le phénomène La Niña, et les colonnes en gris correspondent à des années neutres. Les valeurs ont une marge d'erreur d'environ 0,1 °C.

Source : HadCRUT.4.4.0.0, GISTEMP et NOAA GlobalTemp pour la période 1950-2014. (Graphique adapté de <https://www.wmo.int>.)

Depuis 1950, on a également constaté une augmentation des phénomènes météorologiques et climatiques extrêmes.

En décembre 2015, un accord a été signé à Paris, dans le cadre de la Convention des Nations unies sur le changement climatique, qui a fixé l'objectif de limiter l'augmentation de la température moyenne de la planète à 2 °C par rapport à la température antérieure à la révolution industrielle (avec l'aspiration de parvenir à limiter cette augmentation à 1,5 °C). Malheureusement, les scientifiques montrent que plus des deux tiers de la totalité de carbone pouvant être rejeté dans l'atmosphère sans entraîner une augmentation de la température globale supérieure aux 2 °C ont déjà été émis.

Nombre d'experts considèrent qu'un dépassement de cette limite de 2 °C d'augmentation entraînerait de graves conséquences sociales, économiques et environnementales. La seule façon de l'éviter est de réduire les émissions de GES. C'est pourquoi les gouvernements signataires de l'Accord de Paris ont décidé, non seulement de ne pas augmenter la production de GES, mais que les activités humaines ne pouvaient pas générer une quantité supérieure à celle que l'atmosphère est en mesure d'éliminer par des processus naturels, comme par l'absorption de carbone par les forêts, ou par des méthodes artificielles de captation de CO₂.

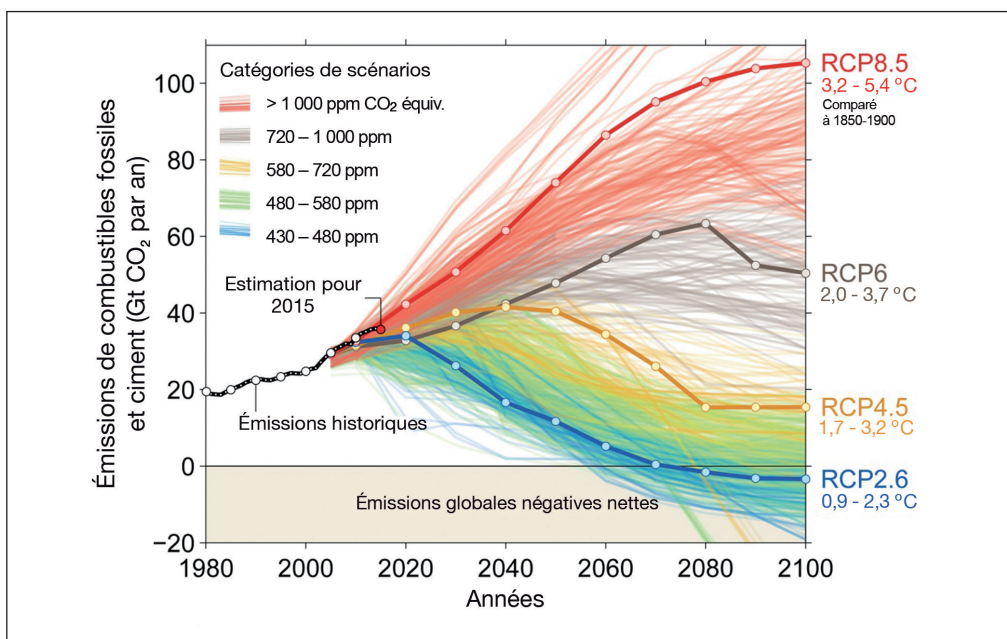
Selon l'Accord de Paris, tous les pays du monde doivent réduire les émissions de GES en prenant compte de leurs contextes socioéconomiques particuliers. C'est pourquoi

l'Accord établit la création, à partir de 2020, d'un fonds volontaire doté de 100 000 millions de dollars annuels. L'objectif de ce fonds vert est d'aider les pays les moins favorisés à se développer en adoptant un modèle économique à faible intensité en carbone (avec l'utilisation d'énergies propres) et résilient, c'est-à-dire, adapté aux impacts du changement climatique.

Réduire les émissions ne sera pas un processus rapide et les effets ne se feront pas sentir tout de suite, car le CO₂ est un gaz à la durée de vie dans l'atmosphère très long. On estime en effet que 40 % des émissions produites aujourd'hui resteront dans l'atmosphère pendant cent ans et que 20 % y seront encore présentes dans mille ans.

Par conséquent, quelles perspectives peut-on attendre d'une réduction réellement importante des émissions de GES ? Le *Cinquième rapport d'évaluation* du GIEC analyse différents scénarios. Dans un monde globalisé abandonnant très rapidement le système énergétique actuel, basé essentiellement sur les énergies fossiles, la température moyenne sera seulement, à la fin du siècle, supérieure d'1 °C à celle de l'époque pré-industrielle.

En revanche, si la majeure partie des économies continuent de se fonder sur les énergies fossiles et maintiennent une consommation énergétique et une utilisation des matières premières élevées, la température globale moyenne pourrait être, à la fin du



Source : *Troisième rapport sur le changement climatique en Catalogne*, 2016.

siècle, supérieure de près de 5 °C à celle de l'époque pré-industrielle. Le rapport du GIEC envisage des scénarios extrêmes, plus pessimistes, comme le montre la figure 2.

Il semble évident que les actions doivent être décidées et mises en place le plus tôt possible. La probabilité de rester en dessous des 2 °C diminuera rapidement si ces mesures ne sont pas prises dans les prochaines années.

1.2. L'évolution récente des émissions de gaz à effet de serre

Le CO₂ est le principal gaz à effet de serre (GES), bien qu'il en existe d'autres : le méthane (CH₄), l'oxyde nitreux (N₂O) et autres gaz à durée de vie longue qui contiennent des halogènes (les hydrofluorocarbures ou HFC, les perfluorocarbures ou PFC et l'hexafluorure de soufre ou SF₆). Pour faciliter les calculs et les comparaisons, on utilise souvent ce que l'on nomme *les émissions de CO₂ équivalents* qui sont le résultat du calcul de combien de tonnes de ce gaz produiraient l'effet de serre de l'ensemble de tous les GES.

Une augmentation soutenue pendant deux siècles et demi

La révolution industrielle, initiée au milieu du XVIII^e siècle a entraîné une forte augmentation des émissions de CO₂ et, depuis lors, la production de GES à l'échelle mondiale a augmenté de manière exponentielle. Si l'on prend la planète dans son ensemble, près des deux tiers de ces émissions proviennent du secteur énergétique, un pourcentage atteignant les 75 % dans les pays développés.

Le problème s'est aggravé au cours de la dernière moitié du siècle : depuis 1970, le total des GES envoyés dans l'atmosphère par les activités humaines a augmenté de 80 % et il a augmenté plus rapidement au cours de la décennie 2000-2010 qu'au cours des trois décennies précédentes. Ce phénomène a eu pour conséquence que, pour la première fois en huit cent mille ans, en 2015, la concentration de CO₂ dans l'atmosphère a dépassé la concentration de 400 parties par million. Si aucune mesure n'est prise et que ce rythme est maintenu, la température moyenne en 2100 pourrait être supérieure de 3,7 °C à 4,8 °C au-dessus des niveaux pré-industriels.

À l'échelle mondiale, et sur la base des données de 2014, les principaux émetteurs de CO₂ sont, en valeurs absolues, la Chine (qui a émis 27 % du total mondial), les États-Unis (15 %), l'Union européenne (10 %) et l'Inde (7 %). En ce qui concerne les émissions par habitant, les pays arabes riches en pétrole se distinguent, comme le Qatar, avec des émissions élevées et une population peu nombreuse, ainsi que les États-Unis et l'Australie, avec 16-17 tonnes par personne et par an.

Ces dernières valeurs représentent plus du double des valeurs de la Chine (6,26 tonnes par personne et par an) et des valeurs moyennes des pays européens, huit fois plus élevés que celles de l'Inde et plus de cinquante fois plus importantes que celles de la plupart des pays développés de l'Afrique subsaharienne.

Malgré cela, il convient de prendre en compte le fait que la croissance industrielle de la Chine l'a conduite à égaler les émissions par habitant de l'Union européenne (facteur qui en fait l'un des pays clés pour les politiques globales contre le changement climatique) et qu'environ le quart de ses émissions correspondent à la production de biens destinés à l'exportation et consommés à l'étranger. Ceci signifie, par conséquent, que les émissions dans les pays récepteurs ne reflètent pas exactement leurs habitudes et niveaux de consommation.

Ces chiffres indiquent qu'au cours des dernières années, les émissions n'ont pas été réduites comme nécessaire, mais qu'elles ont au contraire progressé. Cependant, certaines données révèlent la possibilité d'émettre moins de GES et de le faire sans incidences sur le développement économique : en 2014, par exemple, les émissions de GES de l'Union européenne et de l'Islande ont été 24,4 % inférieures aux émissions de l'année 1990, bien que la population et le produit intérieur brut (PIB) par habitant aient augmentés.

Cette tendance n'est pas uniforme dans toute l'Union européenne. Pendant la période 1990-2007, l'Espagne a connu une augmentation continue de ses émissions. Puis, pendant trois ans (2008, 2009 et 2010), les émissions ont connu une baisse prononcée qu'il convient d'attribuer principalement à la récession économique et, pour une bonne part, aux changements de combustibles utilisés pour la production d'électricité. Dans ce sens, il convient de rappeler que l'Union européenne a défini des mesures qui devraient permettre d'atteindre une réduction de 20 % des émissions de GES pour 2020.

En Catalogne, les émissions de CO₂ équivalents ont augmenté de manière continue entre 1990 et 2005. En 2006 et 2007, elles ont légèrement diminué et les valeurs se sont stabilisées. Enfin, au cours de la période 2008-2013, les émissions ont diminué pour atteindre 19,4 % par rapport à l'année de référence (1990). La figure 3 montre l'évolution des émissions de GES par habitant en Catalogne et en Espagne.

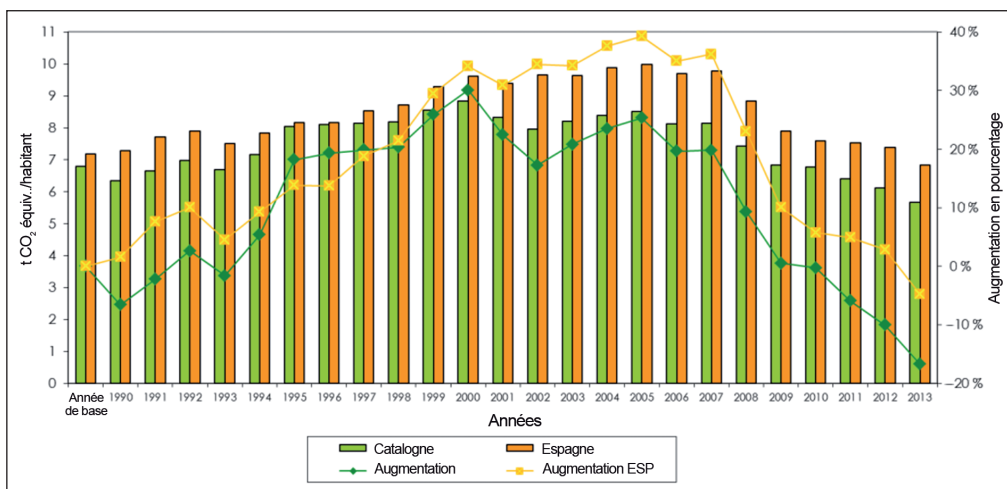


Figure 3. Évolution des émissions de GES par habitant en Catalogne et en Espagne.

Source : *Troisième rapport sur le changement climatique en Catalogne*, 2016.

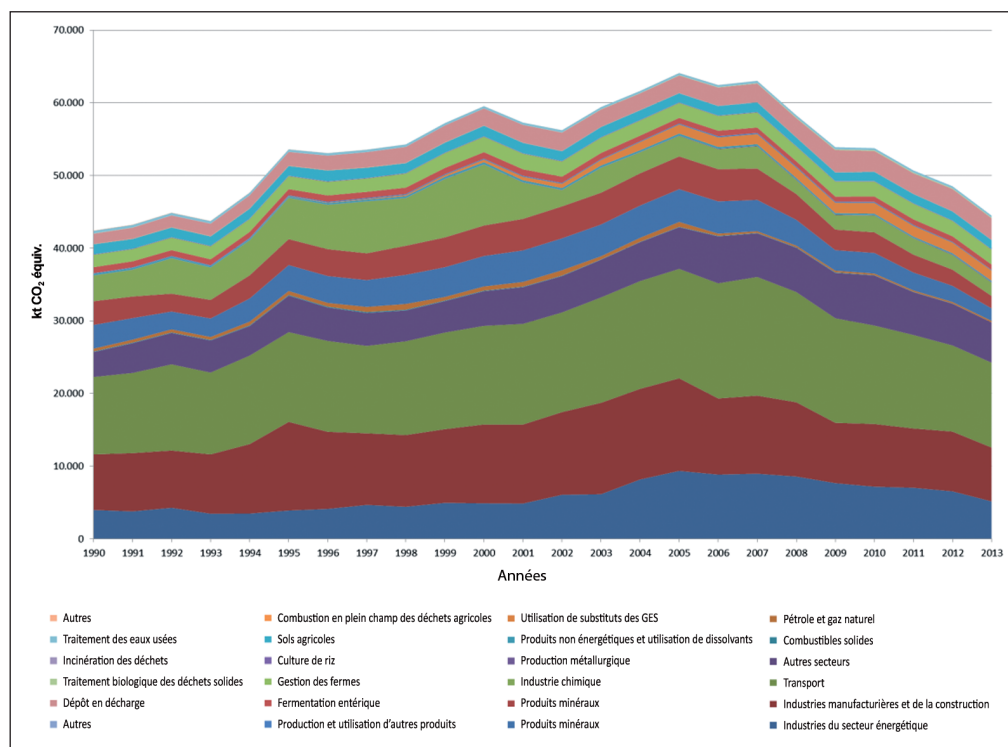


Figure 4. Émissions de CO₂ équivalents par secteurs en Catalogne pour la période 1990-2013.

Source : *Troisième rapport sur le changement climatique en Catalogne*, 2016.

En dépit de ces variations, entre 1990 et 2013, les émissions de GES ont augmenté de 9,2 %. L'année dernière, les émissions générées en Catalogne ont représenté 13,3 % du total des émissions espagnoles.

En revanche, en tenant compte du fait que la population de la Catalogne représente 16 % de la population espagnole et 19 % du PIB, on peut conclure que les émissions produites sont inférieures, en pourcentage, à celles qui correspondraient théoriquement à sa population et à sa part de création de richesses. La figure 4 montre l'évolution des émissions, par secteurs, en Catalogne.

Émissions de GES et activité économique : un tandem indissociable ?

Le fait qu'en 2014 l'Union européenne et l'Islande aient produit moins d'émissions qu'en 1990 malgré l'augmentation de la population et du PIB et que la Catalogne ait eu un pourcentage d'émissions inférieur à celui qui lui correspondrait théoriquement par rapport à sa population et à sa part de création de PIB dans l'ensemble de l'État espagnol, indique qu'il n'est pas nécessaire d'émettre plus de GES pour augmenter l'activité économique.

Pour le mesurer, on utilise ce que l'on nomme *l'intensité énergétique* (l'énergie nécessaire pour chaque unité de production, calculée en fonction du PIB). À partir des émis-

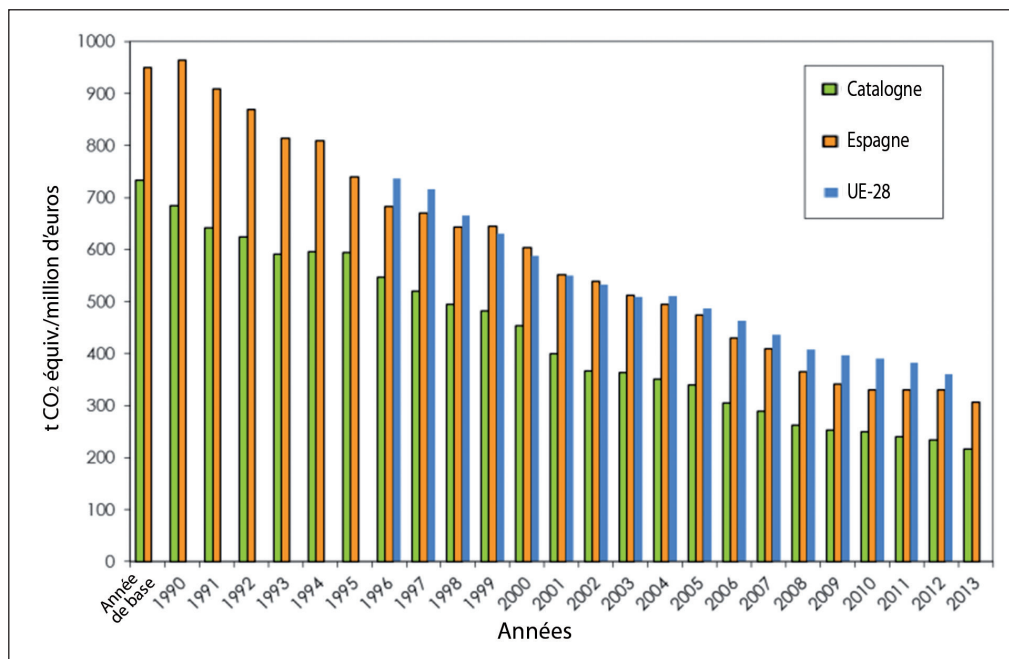


Figure 5. Évolution de la relation entre les émissions de GES et le PIB pour la Catalogne, l'Espagne et l'Europe au cours de la période 1990-2012.

Source : INE, Idescat et Eurostat.

sions générées pour produire une énergie déterminée, cela dépend du pourcentage des différents types d'énergies fossiles, nous pourrions déterminer les GES envoyés dans l'atmosphère pour chaque unité de production.

Par conséquent, moins la création de richesses produit d'émissions, plus le pays est éco-efficace. Ainsi, la croissance ne dépend plus de l'utilisation de plus d'énergies fossiles, mais de la production de l'énergie nécessaire d'une manière plus efficace et avec des sources renouvelables. En résumé, il s'agit de produire plus avec moins d'émissions.

Dans le cas de la Catalogne, les émissions de GES par unité de PIB produite ont diminué de 68,4 % entre 1990 et 2013. Ce chiffre est très proche de celui de l'État espagnol : 68,2 %. Cela n'est pas dû à l'absence de croissance des GES, mais à la croissance plus importante du PIB. La figure 5 montre l'évolution pour la Catalogne, l'Espagne et l'Europe.

Un premier traité international pour lutter contre le changement climatique

Le Protocole de Kyoto a été le premier traité international de réduction des émissions de GES. Sa rédaction a été achevée fin 1997 dans la ville japonaise dont il a pris le nom. Les pays signataires se sont engagés à réduire de 5,2 % les émissions globales de GES au cours de la période 2008-2012 (par rapport aux niveaux de 1990).

Le Protocole, qui est entré en vigueur en février 2005, a été élaboré et signé dans le cadre de la Convention-cadre des Nations unies sur le changement climatique. Dans une économie globalisée, l'Organisation des Nations unies est en effet l'unique instrument de gouvernance à échelle globale. Elle a lancé les Conférences des Parties, le principal instrument de lutte contre le changement climatique.

L'Union européenne, formée à l'époque de quinze états-membres, s'est engagée à réduire de 8 % les émissions de GES par rapport aux émissions de l'année de référence (1990). Cet objectif partagé a été planifié avec des exigences particulières à chaque état, dont certains pouvaient même augmenter leurs émissions de GES.

Dans l'ensemble, l'Union européenne a respecté ses engagements. Au cours de la période 2008-2012, les émissions totales ont été, en moyenne, 11,8 % inférieures à celles de 1990. Dans le cas de l'Espagne, l'engagement était pris de ne pas augmenter les émissions de plus de 15 %. La limite a été dépassée de 8,7 points, pour atteindre 23,7 %. Les données étaient encore pires en 2004, lorsque l'Espagne est parvenue à produire 53 % de plus, mais depuis, la crise économique a entraîné une réduction.

Face à cette situation initiale si défavorable, l'Espagne a conclu un accord avec l'Union européenne pour ajouter à l'objectif de 15 %, 2 % d'augmentation de la capacité de ses puits de carbone et 20 % supplémentaires pour l'achat de crédits, conduisant l'engagement de l'Espagne à ne pas augmenter les émissions de plus de 37 % par rapport à l'année de référence.

Finalement, l'Espagne a atteint son objectif grâce à l'augmentation de la fixation de carbone de ses puits de carbone et l'achat de crédits de réduction d'émissions à d'autres pays, si bien qu'elle en a acheté moins que prévu initialement. Malgré cela, entre 2008 et 2012, le Gouvernement espagnol a dépensé 800 millions d'euros pour l'achat de droits d'émissions afin de respecter son engagement.

L'État espagnol n'a pas distribué les engagements acquis dans le cadre du Protocole de Kyoto et de l'Union européenne en fonction du territoire, de la population ou du PIB, voire d'un quelconque critère. C'est pourquoi, pour la période 2008-2012, l'objectif adopté par l'Espagne (les 37 % mentionnés précédemment) a également été pris comme référence pour la Catalogne.

Pour la première période du Protocole de Kyoto, en Catalogne, la moyenne de la période 2008-2012 a atteint une augmentation totale de 16,3 % des émissions de GES par rapport à l'année de référence, seulement 1,3 % au-dessus des 15 %, mais en-dessous des 17 % si l'on prend en compte les 2 % d'augmentation de la capacité des puits de carbone.

Ce qui signifie que la Catalogne remplit l'objectif de référence établi par le Protocole de Kyoto, ainsi que l'objectif prévu par le Plan-cadre sur l'atténuation du changement climatique en Catalogne pour la période 2008-2012. Elle remplit ces objectifs en utilisant sa capacité de puits de carbone, sans avoir acheté de crédits à d'autres pays.

L'absence d'accord pour élaborer un protocole susceptible de remplacer celui de Kyoto à partir de 2012 a entraîné la signature cette année-là, à Doha (Qatar), d'une seconde période de prorogation pour le Protocole de Kyoto jusqu'en 2020, année d'entrée en vigueur de l'Accord de Paris.

La Catalogne a défini son engagement propre : réduire de 40 % les émissions de GES d'ici 2030, par rapport au niveau de 2005. Le calcul a été effectué sur la base des critères utilisés par l'Union européenne pour les États : les réductions sont réparties en fonction du PIB par habitant.

Cela permettrait de situer la Catalogne au-delà de l'effort moyen de l'Espagne, bien que la Catalogne, n'étant pas un État, ne soit pas tenue légalement à des objectifs de réductions, mais soit animée d'un engagement moral et de la volonté de le faire. Pour y parvenir, il faudrait opérer une transition vers une économie à faibles émissions de carbone, un objectif qu'il conviendrait de fixer comme un axe politique prioritaire.

Entre autres mesures, il convient de transformer le modèle de mobilité et de donner la priorité au transport public par rapport au transport privé. En même temps, il faudrait atteindre un degré d'électrification élevé du système de mobilité, donner la priorité au réseau ferroviaire de banlieue et encourager l'application de mesures d'efficacité énergétique, en particulier pour les bâtiments.

Concernant l'énergie, deux voies complémentaires devraient être suivies : la réduction des émissions dans la production et la réduction de la consommation. En résumé, tout cela implique d'adopter des positions de leadership de manière volontariste et active.

Quand les gaz sont commercialisés

Le Protocole de Kyoto prévoit, parmi les instruments potentiels à appliquer, ce que l'on appelle les *mécanismes de flexibilité*. Cela signifie que pour remplir les objectifs de réduction des émissions de GES, un pays peut « acheter » les crédits excédentaires d'un autre pays dans le but de développer des projets de réduction d'émissions. Cette procédure reste toutefois soumise à des limites et des contrôles et n'est, par conséquent, pas un mécanisme qui peut être utilisé sans discernement.

L'Union européenne, a par ailleurs défini un ensemble de mesures permettant d'avancer vers le respect des objectifs du Protocole de Kyoto, parmi lesquelles figure la mise en place d'un régime de commerce des droits d'émissions.

Dans ce cas, les destinataires sont les installations industrielles (production électrique, raffinerie de pétrole, combustion, acier, produits céramiques, ciment, verre, chaux, papier et carton, aviation, ainsi que d'autres secteurs industriels comme le secteur pétrochimique, l'industrie chimique, l'aluminium et autres métaux non ferreux, etc.) qui doivent assumer le coût économique si elles dépassent les limites d'émissions qui leur ont été assignées.

Ainsi, les entreprises qui ne parviennent pas à réduire les émissions dans les termes assignés peuvent acheter des droits d'émissions de gaz à des installations qui ont réduit leurs émissions en-dessous de la limite qui leur a été assignée. De cette manière, l'ensemble des installations qui font partie du marché régulé par l'Union européenne ne seraient pas susceptibles d'émettre au-dessus de la limite fixée globalement pour l'ensemble de l'Union européenne.

Chaque année, la limite d'émissions que l'ensemble des installations européennes peuvent émettre diminue progressivement alors que le coût associé pour les installations qui émettent au-dessus de la limite prévue augmente.

Les émissions diffuses sur le territoire

Les émissions de l'ensemble des activités et installations qui ne font pas partie du régime de commerce d'émissions de l'Union européenne sont appelées *émissions diffuses*. Elles comprennent les secteurs industriels non affectés par les directives de l'Union européenne, la consommation de combustibles fossiles des secteurs résidentiel, institutionnel et des services, les émissions fugitives, l'utilisation de dissolvants, le transport, les déchets et le secteur agricole (agriculture et élevage).

En Catalogne, au cours des dernières années, les émissions diffuses tendent à diminuer, principalement dans le secteur du transport et dans les secteurs industriels non régulés. Malheureusement, ce résultat est essentiellement la conséquence de circonstances associées à la crise économique plutôt que de changements structurels. C'est pourquoi le maintien et l'accentuation de cette tendance à la baisse requièrent des politiques volontaristes, telles que décrites précédemment.

1.3. Forêts, prairies et champs : puits naturels de carbone

Une partie du CO₂ envoyé dans l'atmosphère est absorbé. Si cela n'était pas le cas, la concentration de ce gaz augmenterait de manière exponentielle et assurément irréversible. Une partie de cette absorption correspond aux systèmes naturels, qui ont une capacité limitée qui peut également évoluer à cause des effets du changement climatique ou des usages que nous faisons des écosystèmes, par exemple en transformant les forêts en champs ou, à l'inverse, en perdant du terrain agricole. En définitive, la circulation du carbone, le cycle du carbone, n'est pas un processus fixe, mais changeant en fonction des conditions environnementales, physiologiques et humaines.

La majeure partie des systèmes naturels ont du carbone emmagasiné. Cette quantité de carbone emmagasiné à un moment déterminé est appelée *réservoir* ou *stock de carbone*. Si dans ce système naturel la quantité augmente avec le temps, on dit que l'on dispose d'un *puits*, qui aide à réduire la concentration de CO₂ dans l'atmosphère. Ce processus se nomme la *séquestration du carbone*. En revanche, si le système a de moins en moins de carbone, on se trouve devant une *source d'émissions* de ce gaz.

Les plantes, pendant leur croissance, capturent le CO₂ présent dans l'atmosphère. C'est pourquoi, en Catalogne, la forêt est le système terrestre qui conserve en stock la plus grande quantité de carbone par hectare, soit 149,5 tonnes par hectares. Viennent ensuite les prairies avec 121,4 tonnes par hectares. Puis, les fourrés (112,1 tonnes par hectare) et les exploitations forestières (104,0 tonnes par hectare), et enfin les champs herbeux, avec 100,8 tonnes par hectare. La majeure partie de ce carbone est emmagasinée dans le sol sous forme d'humus.

En termes absolus, en tenant compte de la surface totale de chaque écosystème, la forêt occupe la première place avec un total de 173 Tg (million de tonnes) de carbone emmagasiné. Loin derrière, viennent ensuite les champs, avec 98 Tg (en partie attribuables à la surface occupée par chaque écosystème : respectivement 42 % et 29 %), et la mer catalane, avec 92 Tg. Très loin derrière, se situent les fourrés, les prairies, les pâturages et les eaux continentales. Dans le cas des champs, prairies et pâturages, ce ne sont pas les plantes qui constituent le principal réservoir, mais les sols, d'où l'importance de leur gestion.

Cependant, les systèmes terrestres ne sont pas les seuls à capter le carbone : la mer accumule autant de CO₂ dissout dans l'eau que celui qui est capté par différents organismes marins (comme, par exemple, les herbiers de phanérogames). Depuis 1750, la mer catalane (d'une surface de 74 000 km²) a augmenté peu à peu son stock de carbone et en accumule actuellement 92 Tg.

Les forêts : grandes séquestratrices, pourtant insuffisantes

Actuellement, les forêts catalanes compensent environ 9,7 % de nos émissions. Dit d'une autre manière, il faudrait 10,3 fois la surface de la forêt de la Catalogne pour compenser ces émissions à cent pour cent. Dans ce cas hypothétique, totalement impossible, toutes les émissions produites seraient absorbées et, par conséquent, la concentration de CO₂ n'augmenterait pas.

En Catalogne, la surface forestière arborée a beaucoup augmenté ces dernières années (130 000 hectares) : tandis qu'elle occupait 38 % du territoire en 1993, elle en occupait 42 % en 2009. Pourquoi a-t-elle autant progressé ? À qui cela a-t-il nui ? Cette progression s'est surtout faite au détriment des broussailles et, dans une moindre mesure, bien que cela reste important, en raison de l'abandon de cultures.

Les évolutions de l'utilisation des sols ont un impact important sur les émissions ainsi que sur la capacité à absorber le carbone. Si l'on prend de nouveau cette période 1993-2009, on observe une augmentation très significative de la surface urbanisée (78 000 hectares) et occupée par des infrastructures de transport, conséquence de l'importante activité économique antérieure à la crise.

Malgré cela, cette période a également connu deux processus opposés au précédent. Le premier concerne l'abandon de l'activité agricole, qui a entraîné une réduction nette de 166 500 hectares de cultures et, le deuxième, une augmentation nette de 88 600 hectares de surface forestière (prairies et forêts), malgré la réduction de la

surface de broussailles. Le second processus correspond à la dynamique naturelle des écosystèmes : en l'absence de grandes perturbations et d'activités humaines, les prairies se sont transformées en broussailles et les broussailles en forêts.

Bien que l'on ne dispose pas encore des données du *Quatrième inventaire forestier de l'État*, qui permettraient de mettre à jour les informations relatives à la période 2001-2015, il est très probable que les forêts catalanes aient maintenu, au cours de cette période, leur capacité de puits de carbone. Les raisons sont les suivantes :

- 1) Elles sont encore assez jeunes pour pouvoir conserver leur capacité de croissance, et capturer du carbone, bénéficiant d'une faible concurrence de ressources et, par conséquent, d'une faible mortalité associée.
- 2) Le rythme de couverture forestière est resté stable bien que faible.
- 3) Il n'y a pas eu de grandes pertes associées à d'importants incendies de forêts (28 000 hectares de forêt brûlés entre 2001 et 2014, moins de 2 000 hectares par an), ni d'autres perturbations.

En résumé, les pertes ont été largement compensées par l'augmentation du stock de carbone dans les forêts non affectées et par la progression de la surface boisée.

Cependant, d'autres données ne sont pas aussi positives. La forêt n'est pas aussi exploitée qu'autrefois, lorsqu'elle fournissait un grand nombre de produits à forte valeur économique, et la diminution de l'intérêt économique conduit bien souvent à l'abandon de son entretien.

Dans une forêt moins entretenue, la densité augmente tandis que la quantité de ressources pour chaque arbre diminue, de sorte que les arbres entrent en concurrence (en particulier pour l'eau, rendue plus rare avec le changement climatique), ce qui peut en limiter la croissance et augmenter la mortalité.

Les simulations montrent que, dans le futur, les forêts de Catalogne maintiendront leur capacité de puits de carbone, jusqu'en 2050. Cependant, à partir de 2020-2030, cette capacité commencera à diminuer et les forêts pourraient se transformer en émettrices nettes de CO₂. Ce phénomène s'explique par le fait que les forêts grandiront moins vigoureusement et captureront de ce fait moins de carbone. En outre, la moindre présence d'eau entraînera une augmentation de la mortalité et libérera le carbone.

Cela signifie que l'un des principaux puits de carbone aura moins de capacité d'éliminer une partie nos émissions de l'atmosphère. C'est pourquoi, étant donné que la majeure partie de nos forêts subissent déjà les effets du changement climatique, il est important de faire une gestion flexible et adaptée à chaque espèce et zone géographique.

Bien que l'activité agricole soit de moins en moins rentable, il faut éviter l'abandon progressif de la production agricole car les cultures constituent un bon puits de carbone. En outre, étant donné qu'en-dessous de 400 mm de pluie les forêts sont plus clairsemées, les communautés arbustives et les cultures forestières jouent un rôle clé dans l'atténuation du changement climatique.

Outre leur rôle de puits de carbone, les cultures ont d'autres fonctions fondamentales : elles génèrent des bénéfices économiques, permettent d'établir et de maintenir la population de manière plus équilibrée sur l'ensemble du territoire, protègent le patrimoine naturel et culturel et préservent le paysage. Elles ont également valeur d'écosystèmes : elles régulent les cycles de l'eau, des nutriments et du carbone, maintiennent la biodiversité, contribuent à mieux contrôler les incendies de forêt, protègent le sol et évitent son érosion, etc.

C'est pourquoi des mesures doivent être adoptées pour éviter l'exode rural et, plus concrètement, l'abandon de l'activité agricole. Ces mesures, associées à d'autres qui protègent également les prairies et les pâturages, permettraient de maintenir la capacité de puits de carbone de tous ces systèmes naturels.



Forêt mature de pin sylvestre avec de grands arbres qui agissent comme des réservoirs de carbone.

Source : Lluís Comas.

1.4. En Catalogne, le climat est déjà en train de changer

Les effets du changement climatique ont commencé à se faire noter dans notre pays. Il n'est pas simple de savoir si les variations du climat peuvent être attribuées à ce phénomène, mais, en dépit des incertitudes, l'ensemble des données disponibles montrent que le climat est déjà en train de changer dans le sens des prévisions des modèles climatiques.

Entre les années 1950 et 2014, la température de l'air a augmenté en moyenne de 0,23 °C/décennie (voir la figure 6). Cette variation n'est pas uniforme tout au long de l'année : en été, l'augmentation de la température moyenne connaît une tendance plus marquée, de +0,33 °C/décennie. Si l'on calcule la moyenne de la température maximale annuelle, on observe également une augmentation : +0,28 °C/décennie. En ce qui concerne la moyenne de la température minimale, on constate également une tendance à la hausse, bien que moins prononcée que pour la température maximale : +0,17 °C/décennie.

Des sécheresses, mais aussi des inondations

Le changement climatique n'affecte pas seulement la température. En ce qui concerne les précipitations, l'analyse de soixante-huit séries mensuelles sur la période 1950-2014

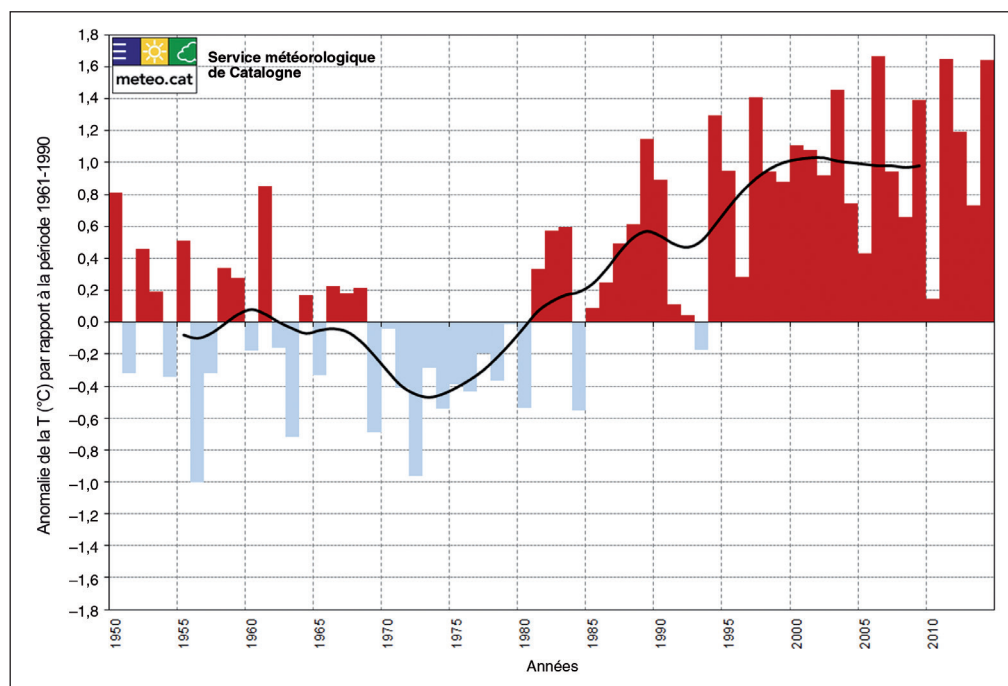


Figure 6. Évolution de la température moyenne annuelle en Catalogne (1950-2014) exprimée comme une anomalie par rapport à la période de référence 1961-1990. La courbe correspond à un filtre gaussien de treize membres.

Source : *Bulletin annuel d'indicateurs climatiques pour l'année 2014*.

montre une tendance annuelle largement négative (-1,2 %/décennie) sur l'ensemble de la Catalogne, bien qu'il s'agisse d'une diminution non significative d'un point de vue statistique.

Cependant, cette tendance fait référence à l'ensemble du pays. Si l'on étudie les variations par territoire (voir la figure 7), les Pyrénées et les pré-Pyrénées sont les zones de la Catalogne où les précipitations ont diminué le plus clairement, avec des valeurs situées entre -2,4 %/décennie et -3,9 %/décennie. Ces données sont suffisamment significatives et permettent d'affirmer qu'il pleut moins dans ces zones depuis les années 1950.

En ce qui concerne les extrêmes pluviométriques, on a seulement constaté une tendance significative dans l'augmentation de la précipitation par jour de pluie, convergeant avec celle constatée dans certaines régions (avec des averses orageuses et des pluies très intenses, courtes et locales, qui correspondent à des phénomènes typiques des saisons chaudes) ainsi que dans la durée des périodes de sécheresse. Ces changements sont particulièrement notables en été et pourraient s'accroître dans le futur.

Le nombre d'épisodes qui entraînent des inondations locales augmente depuis la moitié du XIX^e siècle, probablement à cause de l'augmentation de l'exposition et de la vulnérabilité. Cette augmentation est plus marquée en été, saison qui se caractérise par une forte augmentation de l'exposition dans les zones estivales et touristiques,

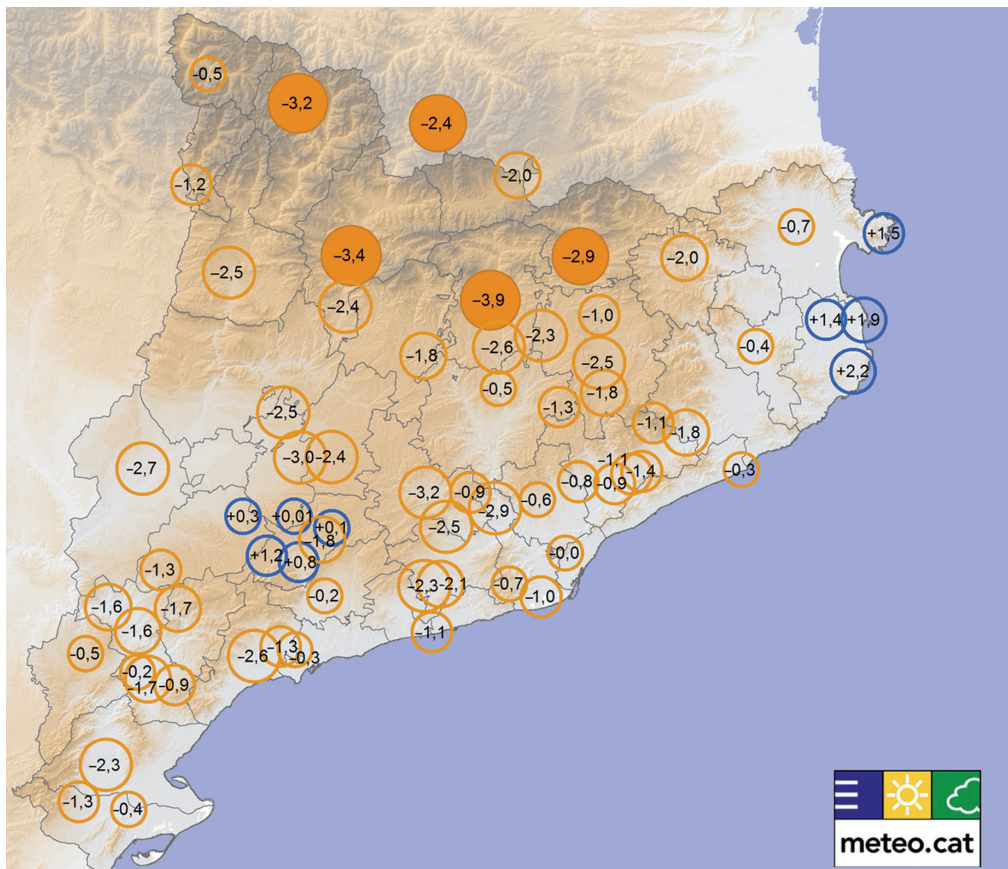


Figure 7. Tendence des précipitations moyennes annuelles en Catalogne (1950-2014) exprimée en %/décennie. Le rayon de la circonférence est proportionnel au pourcentage de changement par décennie constaté pour les précipitations et la couleur indique le signe (bleu = augmentation, orange = baisse). Le cercle orange indique que la tendance est statistiquement significative selon le test de Mann-Kendall ($p < 0,05$).

Source : *Bulletin annuel d'indicateurs climatiques* pour l'année 2014.

ainsi qu'une possible augmentation de pluies torrentielles, bien qu'il n'y ait pas encore suffisamment de preuves.

Les scénarios de futur ne sont pas concluants, mais en cas d'augmentation des pluies torrentielles, ainsi que d'une augmentation de la vulnérabilité, de l'exposition et les changements d'utilisation du soleil, le risque d'inondations pourrait augmenter de manière significative.

Les glissements de terrain, éboulements et écoulements locaux sont plus fréquente qu'on ne le pense et se produisent chaque année dans certaines régions. Cependant, il n'a pas encore été démontré que cette augmentation de fréquence soit le résultat d'une variation de l'intensité et de la durée des pluies. Elle pourrait en outre être liée à l'augmentation de la perception de la population et à la détection de phénomènes de magnitude moindre.

À l'autre extrême, les sécheresses météorologiques, hydrologiques et agricoles ont augmenté et continueront de le faire en fréquence et sévérité au cours du XXI^e siècle,



L'Observatoire Fabra, fondé par l'Académie royale des sciences et des arts de Barcelone et inauguré en 1904, a été construit grâce à un legs de Camil Fabra i Fontanills, premier marquis d'Alélla. Situé sur la montagne du Tibidabo, il s'est toujours consacré à trois domaines : l'astronomie, la météorologie et la sismologie. Il dispose d'observations météorologiques depuis la fin de l'année 1904 (de manière ininterrompue depuis 1913). Il a été dès le départ reconnu par la communauté scientifique internationale dans les trois spécialités, et dispose d'appareils uniques au monde, tels que le pluviomètre Jardí.

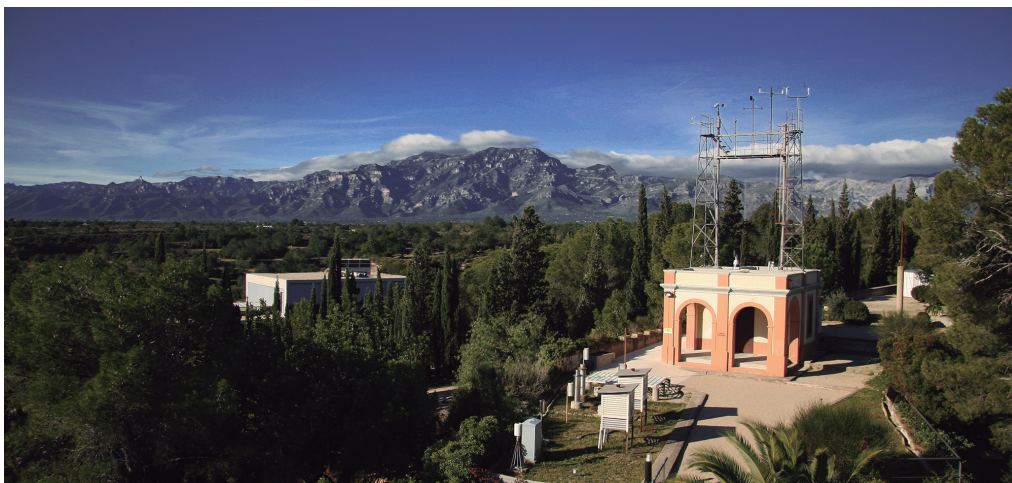
Source : Maria del Carme Llasat.

ce qui aura un impact important sur les ressources hydriques, la qualité de l'eau, la conservation des écosystèmes et les risques d'incendies de forêts.

Les conditions climatiques (températures plus élevées et sécheresses) et l'augmentation de la masse forestière augmentent le risque d'incendies de forêts. Contre toute attente, le nombre d'incendies forestiers (> 0,5 hectares) et la surface brûlée ont diminué d'année en année pendant la période 1970-2010. Cette réduction du risque provient de l'amélioration des tâches de prévention et de gestion des risques effectuées en Catalogne.

Les conditions les plus extrêmes de température, humidité et précipitations prévues dans les scénarios climatiques montrent une augmentation du nombre d'incendies de forêts, mais également une réduction de l'espace brûlé. L'augmentation de situations climatiques exceptionnelles peut favoriser une fréquence plus soutenue du nombre d'incendies sur des surfaces étendues, ainsi que l'apparition d'incendies dans des zones non habituelles ou hors de la période estivale.

D'autres données corroborent le sens de la variation du climat. Depuis 1950, nous assistons à une augmentation significative de l'évapotranspiration (la somme de l'évaporation et de la transpiration végétale). Cela signifie qu'il est non seulement probable



L'Observatoire de l'Èbre est un institut de recherche de l'Université Ramon Llull. Fondé en 1904 par la Compagnie de Jésus pour étudier les relations entre le soleil et la Terre, il regroupait les domaines de la sismologie, la météorologie et l'astronomie, et démontrait que la religion, la philosophie et la science étaient compatibles. La continuité et la fiabilité des observations pendant plus de cent ans donnent aux archives des registres une valeur scientifique inestimable : les registres sismiques et ionosphériques sont les plus longs d'Espagne et les registres météorologiques, débutés en 1905, conservent des registres de l'école de jésuites de Roquetes depuis 1880.

Source : Pere Quintana.

qu'il pleuve moins, mais qu'il est également probable que les plantes perdent plus d'eau par évapotranspiration.

Si l'on se reporte aux registres des observatoires Fabra et de l'Èbre depuis le début du xx^e siècle, on n'observe qu'une diminution des jours de neige dans ce dernier observatoire. Les mêmes observatoires ont enregistré moins de jours de brouillard, également constaté par l'observatoire de Lérida depuis 1940. L'insolation (nombre d'heures de soleil effectif) a également augmenté de manière notable depuis 1960.

Les températures extrêmes en Catalogne ont subi des variations notables depuis 1950. Les journées et les nuits chaudes augmentent de manière significative alors que les journées et les nuits froides baissent. La tendance climatique est évidente : la chaleur est plus présente que le froid.

Tous les futurs scénarios climatiques montrent une augmentation des températures maximales, des vagues de chaleur, des nuits tropicales (en particulier sur le littoral et le pré-littoral), des nuits et des journées chaudes, et de la durée des épisodes de sécheresse.

Le niveau de la mer monte, les glaciers reculent

Ce phénomène n'est pas seulement constaté par les espèces qui, comme la nôtre, vivent dans le milieu terrestre. L'eau de la mer se réchauffe également. Par chance, nous disposons d'une très longue série de mesures, prises à différentes profondeurs, de la température de l'eau à l'Estartit, dans El Baix Empordà, qui couvrent une période allant de 1974 à aujourd'hui.

En revanche, ce que nous disent ces données sur le climat ne sont pas si favorables : la température de l'eau de mer a augmenté à un rythme de $+0,30\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{décennie}$ de la surface jusqu'à 50 mètres de profondeur (l'augmentation est un peu moindre à partir de ce niveau jusqu'à 80 mètres) (voir la figure 8). Ce réchauffement se constate pendant toutes les saisons de l'année, mais il est plus prononcé en été et en automne.

Ces données ne sont pas seulement un signe du réchauffement du climat, mais également des conséquences importantes que celui-ci peut avoir sur la vie marine et sur la capacité de la mer à intervenir comme puits de carbone. Le paragraphe précédent a expliqué que le stock de carbone a augmenté dans nos eaux, dont une partie correspond à du CO_2 qui, mélangé à l'eau, a produit de l'acide carbonique.

Cependant, l'augmentation de la température diminue la capacité de la mer à dissoudre ce gaz et, par conséquent, une eau plus chaude verra se réduire sa capacité à capturer le carbone présent dans l'atmosphère. Il s'agit d'un problème susceptible de s'étendre sur toutes les mers et océans de la planète.

L'augmentation de la température s'accompagne d'un autre signe du changement climatique : la montée du niveau de la mer. Les données de l'Estartit indiquent que depuis 1990, le niveau de la mer a augmenté de $3,9\text{ cm}/\text{décennie}$ (voir la figure 9). Il s'agit d'une augmentation statistiquement significative, tout comme le sont les augmentations enregistrées dans les différentes stations en hiver : $+4,5\text{ cm}/\text{décennie}$ au printemps, et $+3,3\text{ cm}/\text{décennie}$ en été et à l'automne.

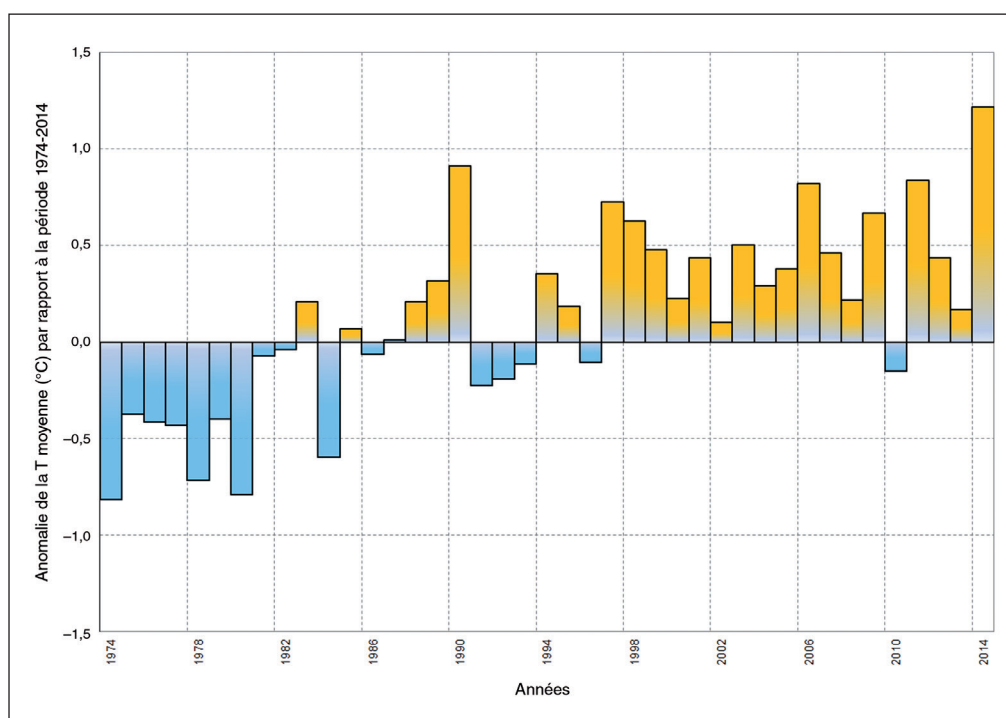


Figure 8. Anomalie de la température moyenne annuelle de l'eau de mer à la surface à l'Estartit (1974-2014).

Source : *Bulletin annuel d'indicateurs climatiques* pour l'année 2014, à partir des données fournies par Josep Pascual.

Ces données sont semblables à celles qui ont été relevées en d'autres points sur la côte méditerranéenne. Elles correspondent également au *Cinquième rapport d'évaluation* du GIEC, publié en 2014, qui affirme que le taux moyen global d'augmentation du niveau de la mer était probablement de +2,0 mm/an pour la période 1971-2010 et que ce taux a dû augmenter pour atteindre +3,2 mm/an entre 1993 et 2010. Cette dernière donnée est très cohérente avec la tendance d'augmentation du niveau de la mer mesurée à l'Estartit.

En passant de l'eau de mer à l'eau à l'état solide, les nouvelles sont encore pires puisque l'on constate une tendance à la hausse du nombre de cycles de grandes avalanches dans les Pyrénées catalanes depuis 1970. Plus récemment, les avalanches de neige humide ont augmenté, notamment en raison d'épisodes de pluies en plein hiver.

Les masses de glace et de neige dans les régions les plus élevées des Pyrénées occidentales catalanes ont pu être analysées en détail à partir d'images et de photographies prises à partir de 1980.

La conclusion est aussi édifiante que terrifiante : à l'heure actuelle, on peut clairement affirmer qu'il n'y a aucun appareil glaciaire visible en Catalogne, et que l'on peut seulement induire l'existence d'un glacier rocheux dans le massif de Besiberri, dans L'Alta Ribagorça. Il s'agit d'une congère (c'est-à-dire une zone d'accumulation de glace d'un

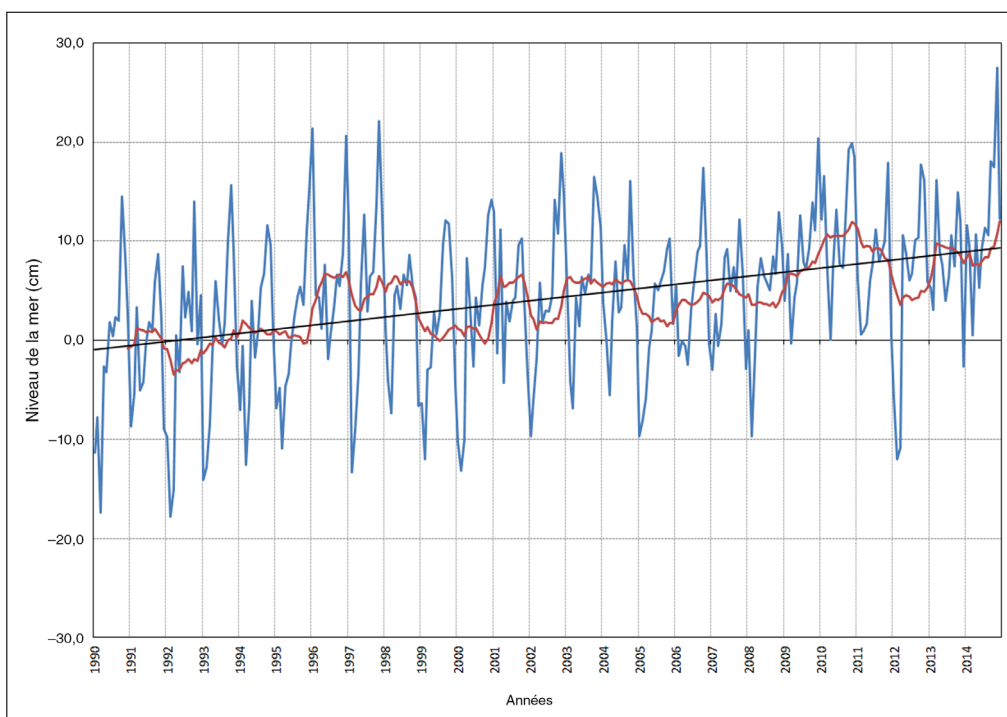


Figure 9. Évolution mensuelle du niveau de la mer à l'Estartit (1990-2014). La moyenne mobile sur une période de douze mois est tracée en rouge et la ligne droite montre la tendance linéaire constatée.

Source : *Bulletin annuel d'indicateurs climatiques* pour l'année 2014, à partir des données fournies par Josep Pascual.



Glacier de l'Aneto. Comparaison 2009-2012. Fragmentation de la limite inférieure du lobe oriental qui est à l'origine de la congère inférieure de l'Aneto.

Source : Jordi Camins.

niveau inférieur à un glacier à proprement parler), probablement fragmentée, qui ne dépasse qu'à certains endroits les 10 mètres d'épaisseur.

Les véritables appareils glaciaires les plus proches se trouvent dans deux massifs pyrénéens à la frontière de la Catalogne : celui du Mont Valier en Ariège, sur le territoire français, près du Vall d'Aran, et celui de l'Aneto-Maladeta, en Aragon, à la frontière de L'Alta Ribagorça.

Là non plus, les nouvelles ne sont pas très encourageantes : dans le massif de l'Aneto-Maladeta, sur les treize appareils glaciaires catalogués en 2008, il n'en reste que onze fin 2014, tous ayant perdu en épaisseur et extension. Ce phénomène a favorisé la fragmentation et le classement de certaines zones sous la dénomination de congères ou d'appareils glaciaires résiduels.

Si, comme prévu, cette tendance se poursuit, les appareils glaciaires les plus proches de la Catalogne continueront de se détériorer et finiront pas disparaître ; les glaciers

les plus étendus et situés dans des lieux plus favorables ne seront plus actifs d'ici vingt-cinq ans, et finiront par totalement disparaître après dix ans et un bref passage à l'état résiduel.

Ainsi, pour bien connaître le climat du passé et être en mesure de préparer le futur, il convient de disposer de longues séries climatiques de qualité. Pour ce faire, il est nécessaire de disposer d'un réseau d'observation météorologique en bon état, bien entretenu et, surtout, d'une densité spatiale adaptée. Ce dernier critère est essentiel compte tenu de la grande diversité climatique de notre pays.

1.5. Le climat de demain : que nous disent les projections climatiques ?

Le paragraphe précédent a alterné les données relatives à l'évolution du climat dans le passé avec quelques prévisions sur la tendance dans le futur, que l'on appelle *projections climatiques*. Il s'agit de simulations établies sur des modèles numériques, construits à partir des connaissances relatives au passé climatique et des mécanismes complexes qui régissent le système climatique. Les simulations établissent des projections sur le futur climat sur une zone déterminée, en tenant compte des variations des émissions et de la concentration des GES et d'aérosols, ce qui oblige à formuler différentes hypothèses car on ignore la nature de l'évolution de la présence des GES et des aérosols dans l'atmosphère.

Par ailleurs, la température, les changements d'utilisation du sol et le comportement des puits de carbone, entre autres facteurs, peuvent varier. Peuvent également survenir des changements dans les conditions socioéconomiques ou dans les outils technologiques. Cependant, les projections sont indispensables pour parvenir à se faire une idée de l'évolution possible du climat et prendre les mesures adaptées pour y faire face.

À l'échelle globale, les projections les plus complètes et considérées comme des références sont celles qui sont résumées par le GIEC dans ces rapports. Les résultats offerts, cependant, s'appliquent à de grandes régions, sur une échelle de plusieurs milliers de kilomètres. De plus, pour des régions comme la Catalogne, pourvue d'une géographie complexe et une climatologie influencée par l'interaction mer-terre, les modèles globaux n'offrent pas une représentation correcte. C'est la raison pour laquelle il convient de régionaliser, c'est-à-dire réduire l'échelle, les résultats de ces modèles globaux.

Pour obtenir les scénarios de futur pour la Catalogne, on a utilisé les résultats des modèles climatiques globaux, en prenant particulièrement en compte les résultats de différents projets de régionalisation menés à terme à l'échelle internationale, nationale et catalane. On a également tenu compte, pour le futur plus immédiat, des projections issues des prédictions décennales effectuées avec plusieurs modèles globaux.

Les projections apportées par la majeure partie des modèles confirment la tendance décrite jusqu'ici. Si l'on prend comme référence la moyenne de la période 1971-2000, on observe une augmentation de la température moyenne annuelle de +0,5°C à +1°C

pour la période 2012-2021 pour l'ensemble de la Catalogne, et à la moitié du siècle (2031-2050) l'augmentation serait de +0,9 °C à +2 °C. Les augmentations se produiraient sur toutes les saisons de l'année et sur l'ensemble du territoire, mais elles pourraient être plus élevées pendant l'été et dans les Pyrénées. Les tableaux 1 et 2 détaillent les résultats.

TABLEAU 1 Variation de la température et des précipitations en Catalogne selon la saison (1971-2000)

		Hiver	Printemps	Été	Automne	Annuel
Température (°C)	2012-2021	0,7	0,7	0,9	0,8	0,8
	2031-2050	1,3	1,2	1,8	1,7	1,4
Précipitations %	2012-2021	2,2	-4,6	-3,0	-5,2	-2,4
	2031-2050	-3,8	-10,7	-10,2	-9,4	-6,8

Remarque : les valeurs correspondent aux moyennes des projections climatiques effectuées pour différents modèles et projets à portées globale et régionale.

Source : *Troisième rapport sur le changement climatique en Catalogne*, 2016.

TABLEAU 2. Variation de la température et des précipitations en Catalogne selon le territoire (1971-2000)

		Littoral/ Pré-littoral	Intérieur	Pyrénées	Catalogne
Température (°C)	2012-2021	0,7	0,7	0,8	0,8
	2031-2050	1,4	1,4	1,6	1,4
Précipitations (%)	2012-2021	-2,4	0,7	-0,2	-2,4
	2031-2050	-8,3	-6,5	-5,3	-6,8

Remarque : les valeurs correspondent aux moyennes des projections climatiques effectuées pour différents modèles et projets à portées globale et régionale.

Source : *Troisième rapport sur le changement climatique en Catalogne*, 2016.

Ces augmentations peuvent sembler réduites si l'on considère les différences observées aujourd'hui entre les territoires et les saisons, voire au cours d'une même journée. Cependant, et à titre d'exemple, au cours de la dernière période glaciaire, la température moyenne de la Terre était seulement de 5 °C à 8 °C inférieure à la température actuelle. Il fait donc peu de doutes que si ces projections se vérifient, nous aurons à subir des changements significatifs.

Concernant les précipitations, bien que plusieurs projections donnent des résultats différents, ce qui rend la tendance incertaine, la plupart des modèles montrent une diminution de celles-ci. Si l'on se concentre sur les projections régionalisées, réalisées selon une résolution de 10-30 km, au lieu des 150-300 km des projections globales, on observe une baisse des précipitations dans l'ensemble de la Catalogne durant toute l'année, ainsi qu'une baisse annuelle de - 6,8 % (2031-2050).

Toutes ces simulations sont basées sur des scénarios d'émissions « modérées », par conséquent, avec un taux d'augmentation d'émissions de GES tendant à se stabiliser.

Si la production de gaz augmente à un rythme plus élevé, cela dépend de plusieurs facteurs, mais principalement des politiques menées à l'échelle de la planète, les changements pourraient être plus prononcés, la température serait susceptible d'augmenter et les précipitations de réduire. Cependant, cet effet ne se produira de manière claire avant la deuxième moitié du ^{xxi}^e siècle.

Outre les moyennes, il convient d'observer si d'autres phénomènes extrêmes sont susceptibles de se produire. En 2050, les températures minimales et maximales pourraient augmenter respectivement de 3,5 °C et 1,5 °C.

On peut également s'attendre à ce que les mois chauds augmentent considérablement au cours des prochaines quarante années. En revanche, le nombre de mois froids pourrait rester le même qu'au cours de la période de référence (1971-2000).

Sur la zone littorale et pré littorale, le nombre de nuits tropicales (lorsque la température est égale ou supérieure à 20 °C) augmenterait considérablement. Les projections des zones de montagne montrent une réduction notable des jours de gel (lorsque la température minimale est égale ou inférieure à 0 °C).

Les épisodes de pluies torrentielles pourraient également augmenter, ce qui n'est pas incompatible avec une diminution globale des précipitations. Ainsi, on prévoit l'augmentation de la probabilité d'occurrence d'épisodes de précipitations supérieures à 200 mm en vingt-quatre heures. En revanche, la gravité et la durée des sécheresses pourrait augmenter de manière significative à cause de l'effet combiné de l'augmentation de la température et de la diminution des précipitations.

Il y aurait, par conséquent, plus de pluies torrentielles et des périodes de sécheresse plus longues. Le climat se montrerait plus changeant, avec une tendance à l'augmentation de ces phénomènes extrêmes.

2^e PARTIE



Systemes naturels : impacts, vulnérabilité et adaptation

Dans les paragraphes précédents, on a pu constater la tendance enregistrée par les principales variables climatiques au cours des dernières décennies ainsi que les projections réalisées jusqu'en 2050. Dans l'ensemble, on constate une série de phénomènes ou situations dont, sans doute, la fréquence et souvent l'intensité augmenteront.

Dans ce sens, on peut clairement affirmer que le changement climatique entraînera l'augmentation des températures élevées extrêmes et des vagues de chaleur, qu'il y aura plus de nuits tropicales et que les périodes chaudes dureront plus longtemps.

En revanche, on ne constate pas de tendance significative et généralisée de l'augmentation des jours de pluies fortes, ni des précipitations maximales en vingt-quatre heures, ni d'aucun des indices concordants. Il est également très probable que la durée des périodes sèches augmente. Cette tendance serait plus claire en été, puisque cela correspond à la saison où la montée des températures et la diminution des précipitations sont les plus marquées.

Ces variations auront une incidence très marquée sur l'agriculture et l'état des écosystèmes, car les sols seront plus secs au printemps et que la saison sèche estivale se prolongera. Elles affecteront également la disponibilité des ressources hydriques, qui diminueront et seront plus variables. Ce dernier facteur rendra la gestion des ressources plus difficile durant les périodes de sécheresses. La grande réserve d'eau que représente la neige emmagasinée continuera également de diminuer.

S'il y a des périodes chaudes et sèches plus prolongées, les cultures auront davantage besoin d'eau et le stress hydrique des plantes augmentera ; c'est la conséquence logique d'une augmentation de la demande et de la diminution de la disponibilité d'eau.

2.1. Incendies, inondations et autres risques d'origine climatique

La diminution de la disponibilité d'eau augmentera le risque d'incendies de forêts en raison de températures élevées et d'une sécheresse plus sévère. Ces sinistres pourraient s'étendre à des zones jusqu'alors non habituelles, comme les zones de montagne, ou à des saisons au cours desquelles l'incidence est très faible, comme l'hiver et le printemps.

Deux éléments essentiels permettent de répondre à cela : la gestion des forêts, qui doit chercher à freiner l'expansion de ces incendies, et la planification, qui doit faciliter l'accès aux zones touchées.

Il convient également de penser à la responsabilité de certains faits susceptibles de se produire plus fréquemment à cause du changement climatique et qui requièrent, par conséquent, des mesures plus drastiques.

Si alerter sur les actions ou les imprudences susceptibles de provoquer des incendies a toujours été important, ce le sera davantage si les conditions favorisent le fait que des incendies puissent se déclarer plus fréquemment ou se propager plus rapidement.



Effets de l'incendie de forêt du Parc naturel de Sant Llorenç de Munt en août 2003.

Source : Groupe d'analyse des situations météorologiques adverses de l'Université de Barcelone.



Une rue de Badalona pendant les pluies du 29 juillet 2010.

Source : O. Rodríguez.

Le nombre d'épisodes qui entraînent des inondations locales augmente depuis la moitié du XIX^e siècle, probablement à cause de l'augmentation de l'exposition et de la vulnérabilité. On détecte une augmentation récente du nombre d'épisodes en été qui pourrait être liée à une augmentation des pluies torrentielles, bien que cela ne soit pas prouvé.

En ce qui concerne le futur, les scénarios dessinés par les modèles climatiques ne sont pas concluants, mais une augmentation des pluies torrentielles pourrait entraîner une augmentation significative des risques d'inondation. Des facteurs qui ne sont pas liés au changement climatique pourraient y contribuer, comme l'augmentation de la vulnérabilité et de l'exposition, ainsi que les changements d'usage du sol.

Si la planification urbanistique et l'installation d'infrastructures doit toujours prendre en considération les risques d'écoulements d'eau ou d'inondation, la probabilité d'une augmentation des pluies torrentielles ou de glissements de terrain les rendent encore plus nécessaires, notamment parce que ce risque entraîne d'importantes pertes économiques et représente un nombre plus important d'activations des plans de protection civile.

On a ainsi constaté que les glissements de terrain, chutes de pierres et écoulements à l'échelle locale sont plus fréquents que ce que l'on pensait. En dépit de cela, il n'existe actuellement pas d'indices suffisants démontrant que l'augmentation de la fréquence de ces phénomènes serait le résultat d'une variation de l'intensité ou de la durée des pluies.



Un pont de la nationale II détruit après les pluies du 10 juin 2000.

Source : Maria del Carmen Llasat.

Il est probable que cette augmentation soit davantage due au développement des technologies de la communication qui en facilitent la diffusion qu'à des raisons climatiques.

Cependant, des instruments de mesure ont été déployés dans des bassins expérimentaux afin d'obtenir des informations plus précises et vérifier que les niveaux de pluie qui déclenchent les glissements de terrain sont inférieurs à ceux qui étaient connus jusqu'à maintenant.

Le nombre d'accidents par avalanches, par ailleurs, est aujourd'hui plus important. S'il est évident qu'il existe aujourd'hui une tendance à l'augmentation du nombre de grandes avalanches dans les Pyrénées catalanes, ainsi qu'une augmentation des avalanches de neige humide, force est de constater qu'un nombre plus important de personnes pratique des activités de haute montagne. Malgré l'augmentation du nombre d'accidents, on constate moins de victimes mortelles, ce qui s'explique probablement par une meilleure perception du risque de la part des personnes pratiquant des activités de loisir et professionnelles de haute montagne.

Cela signifie que, au-delà de l'incidence du climat sur certains phénomènes, l'augmentation de la conscience et des mesures de prévention peut entraîner une diminution des effets négatifs. Ainsi, il convient d'adopter une vision holistique et intégrer la gestion du risque et l'adaptation au changement climatique dans la planification territoriale et sectorielle. La mise en place de commissions interdépartementales pour la réduction des risques constitue un moyen indispensable pour assurer la coordination de toutes les parties concernées.

Cependant, il convient d'améliorer en parallèle la prise de conscience et la coresponsabilité de la population, en particulier dans des zones ou des secteurs où celle-ci est très vulnérable. Une bonne planification et une bonne gestion, accompagnées d'une meilleure prise de conscience et d'un comportement plus responsable, paraissent essentiels pour faire face aux défis créés par le changement climatique concernant les risques naturels associés au climat.

2.2. L'eau, une ressource plus rare

L'un des effets les plus marqués du changement climatique en Catalogne concernera une réduction de l'eau disponible. Dans ce sens, la raréfaction, dans le futur, des ressources hydriques sera partagée par toute la Catalogne, bien que l'hétérogénéité du territoire délimitera différents niveaux de vulnérabilité.

La raréfaction de l'eau augmentera partout, mais variera beaucoup en fonction de chaque zone. À partir d'un bilan hydrique basé sur les données des projections climatiques et de l'utilisation des sols dans chaque bassin hydrographique, on a calculé que la disponibilité d'eau baissera de 11 % en 2021 et de 17,8 % en 2051. Pour ce dernier horizon, la baisse sera moindre, bien qu'importante, dans les régions des Pyrénées par rapport au reste de la Catalogne. Cette baisse est estimée à 9,4 %. Dans les régions de l'intérieur, la diminution sera de 18,2 % et dans les régions littorales, elle pourra atteindre les 22 %.

Les effets à l'intérieur seront semblables à ceux du littoral catalan. Ils seront particulièrement marqués dans la moitié méridionale. Pour cette zone, on calcule qu'en 2051, les ressources hydriques disponibles diminueront entre 70 et 75 % par rapport aux valeurs actuelles. Ce phénomène met en évidence le fait que la disponibilité d'eau, tant

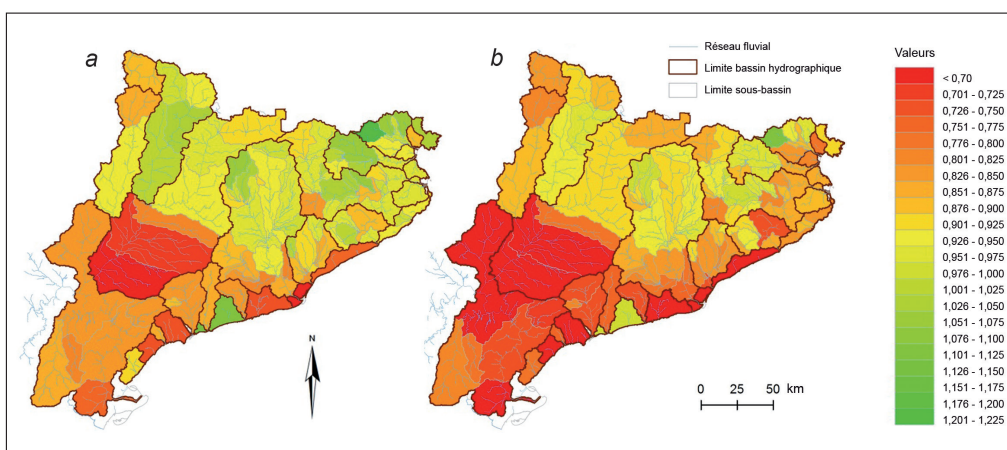


Figure 10. Distribution territoriale des ressources hydriques disponibles en Catalogne pour les horizons a) 2021 et b) 2050 par le calcul du quotient R/P pour chaque horizon et la valeur actuelle basée sur les données enregistrées dans 168 observatoires en Catalogne. La distribution des utilisations actuelles des sols, comme éléments déterminants pour le composant d'évapotranspiration du bilan hydrique, a également été prise en compte dans le calcul de la ressource disponible totale.

Source : *Troisième rapport sur le changement climatique en Catalogne*, 2016.



Le lac de Sau en 2008, pendant l'épisode de sécheresse, laissant l'église à découvert.

Source : Groupe d'analyse des situations météorologiques adverses de l'Université de Barcelone.



Le barrage de Susqueda pendant la grande sécheresse de 2008, prise le 5 mars.

Source : Agence catalane de l'eau, Gouvernement de la Catalogne.

pour l'utilisation humaine que pour la préservation de cours d'eau et de zones humides, sera l'un des problèmes majeurs dans les prochaines décennies

Les estimations concernant les sous-bassins pyrénéens se distinguent particulièrement car ils conditionneront les ressources hydriques disponibles pour la régulation des réservoirs, qui constituent les principaux éléments de gestion pour les différents usages humains et pour la garantie des fonctions écologiques et hydrologiques des cours d'eau les plus utilisés par l'homme de Catalogne : le Ter, le Llobregat, le Sègre, la Noguera Pallaresa et la Noguera Ribagorçana.

Le chapitre 7 du TISCC présente des cartographies inédites de la disponibilité future d'eau en Catalogne, basée sur le calcul du bilan hydrique pour les différentes situations climatiques. Cette disponibilité est exprimée par le calcul de la relation R/P (la relation entre les ressources disponibles, tant pour l'écoulement fluvial que pour le remplissage des nappes phréatiques, et les précipitations) pour les horizons climatiques 2021 et 2050 (voir la figure 10), et la valeur R/P actuelle, selon la moyenne de précipitations et de températures de la dernière décennie. Les valeurs de température, avec la distribution de l'utilisation des sols, sont nécessaires au calcul de la perte par évapotranspiration du bilan, qui dépend beaucoup du type de végétation et, plus concrètement, de la masse forestière.

Changement climatique, changement de modèles de gestion

Tout comme le déclarent plusieurs études menées en Catalogne, cette projection s'explique par le changement des variables climatiques, mais également, d'une manière directe, par le changement d'utilisations du sol, notamment par l'abandon des terres cultivées et par conséquent par l'augmentation de la masse forestière.

Il y a donc deux éléments clés qui au-delà des conséquences liées au changement climatique, jouent un rôle essentiel dans la disponibilité des ressources hydriques : les changements d'utilisations des sols et la gestion de ces ressources. Ainsi, les changements qui se sont produits dans les utilisations du sol et la gestion des bassins, les cours d'eau et les nappes phréatiques au cours du xx^e siècle ont modifié le bilan hydrique régional.

De ce fait, au-delà de l'augmentation de la température et de la diminution des pluies, il convient d'avoir une gestion intégrée de la demande afin de l'adapter à la disponibilité de la ressource, par l'économie, l'utilisation de sources alternatives ou, surtout, par la réutilisation des eaux recyclées dans tous les domaines possibles. Les prochains défis sont formés par les tâches destinées à améliorer l'efficacité de la distribution de la ressource et à prendre en compte l'interconnexion entre les réseaux pour garantir une fourniture équilibrée et responsable.

Les estimations de croissance démographique en Catalogne ne révèlent aucune augmentation significative de la demande d'eau dans les bassins internes, dans lesquels se trouvent les besoins urbains les plus importants, concrètement dans les zones métropolitaines de Barcelone, Gérone - Costa Brava et Camp de Tarragona. Par ailleurs, certaines grandes villes, comme Barcelone et ses environs, ont réduit leur consommation quotidienne de près de 15 % au cours des dernières décennies. Ce phénomène s'explique, pour une bonne part, par l'application de mesures d'économie et par une utilisation plus efficace de l'eau, bien que ces mesures soient encore insuffisantes pour

affronter la baisse de disponibilité d'eau causée par le changement climatique. L'objectif dans le domaine de la gestion doit être de réduire progressivement la consommation et de parvenir à avoir une gestion de l'eau plus efficace.

Les projets de développement agricole doivent s'inscrire dans un contexte généralisé de raréfaction des ressources. Ainsi, par exemple, les nouveaux projets d'irrigation et de grands réservoirs prévus pour les fournir dans l'actuel Plan hydrologique du bassin de l'Èbre augmenteront les besoins agricoles au détriment du débit du fleuve qui manque déjà de ressources en raison du changement climatique, et d'approvisionnement dans les parties les plus basses du bassin. Dans ce cas, les utilisations environnementales et, plus particulièrement, la stabilité du delta de l'Èbre dans tous les aspects dépendant du cycle hydrologique et sédimentaire seront particulièrement sensibles et vulnérables.

Un problème de quantité, mais aussi de qualité

La qualité des ressources hydriques dans un contexte de plus grande raréfaction hydrique est un autre aspect à prendre en compte. D'une part, l'importance que celle-ci aura pour la préservation des écosystèmes fluviaux et des services fournis par l'assimilation de nutriments et d'éléments chimiques indésirables par dissolution. D'autre part, la participation à la dilution d'autres types de pollution, comme celle des eaux souterraines, en raison d'un manque de remplissage du sous-sol. Dans les zones littorales, l'augmentation du niveau de la mer, autre conséquence du changement climatique, aura une forte influence. Avec l'augmentation du niveau de la mer et l'exploitation des ressources d'eau souterraine sur la zone littorale, la couche saline avancera vers le continent et le niveau de salinité des nappes phréatiques augmentera.



L'Èbre donne naissance à la plaine du delta avant de se jeter dans la mer Méditerranée.

Source : Mariano Cebolla. Archive du Parc naturel du Delta de l'Èbre.

Concernant cet aspect, la situation dans les deltas du Llobregat et de l'Èbre est différente. Dans le premier cas, la couche saline est créée par les extractions d'eau souterraine dans la zone du delta. L'action adoptée pour la contrôler a consisté à créer des barrières hydrauliques (lesquelles peuvent également être efficaces face à l'augmentation du niveau de la mer).

Dans le delta de l'Èbre, en revanche, l'équilibre entre eau douce et eau salée, tout au long du canal du fleuve et dans les nappes phréatiques, est extrêmement délicat, à cause de la géographie du delta, mais surtout à cause de l'équilibre hydrique des activités agricoles. L'Èbre, est l'exemple type du système hydrique littoral qui subit les effets du changement climatique depuis le continent (réduction et changements dans le régime de débits, réduction des apports de sédiments) et depuis la mer (intrusion marine, érosion du littoral).

2.3. Le littoral catalan, beaucoup plus vulnérable

L'une des conséquences du changement climatique est l'augmentation du niveau de la mer, qui affectera les systèmes côtiers, tels que les plages et les ports. Ce phénomène ne peut cependant pas être généralisé car ces systèmes ont une importante diversité de pressions naturelles et dues à l'activité humaine. La réponse aux facteurs météorologiques et océanographiques est déjà très diverse et continuera de l'être avec les futurs climats.

Érosion marine et augmentation du niveau de la mer

Concernant les vagues, on prévoit que la valeur de la plus représentative, la hauteur moyenne de la vague, diminuera légèrement dans la majeure partie du domaine catalan, ce qui correspond à une diminution de la vitesse du vent. Cependant, on constaterait une augmentation dans les latitudes les plus proches du golfe de Gênes, au nord de la côte catalane. En outre, les modèles sont très différents entre l'été, lorsque la hauteur de la vague augmenterait dans le sud, et l'hiver.

L'impact sur les plages a été évalué en termes d'érosion et d'inondation marine. Le premier concept exprime la différence entre les sédiments entrants et sortants, c'est-à-dire, entre ceux qui ont été apportés par différents mécanismes et ceux qui proviennent des vagues.

Si l'on parle d'érosion au sens strict, c'est parce que ce bilan est négatif, les sédiments qui sont sortis sont plus nombreux que ceux qui sont entrés. La majeure partie des plages catalanes souffrent d'une érosion qui, en moyenne pour l'ensemble de la côte, se situe entre 0,60 m/an et 0,90 m/an. Les projections de l'érosion induite par les altérations des vagues, transportant les sédiments sur toute la longueur de la côte, révèlent qu'en 2050, 26 % de la côte catalane conservera le même comportement en termes d'érosion ou d'accumulation (phénomène contraire).

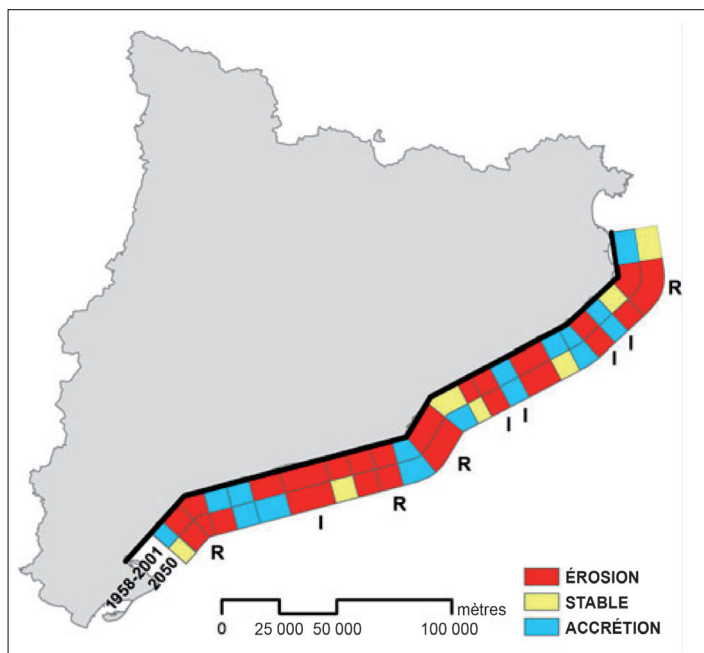


Figure 11. Comportement de la côte à moyen terme actuellement (période 1958-2001) et dans un scénario de changement climatique en 2050. I (intensification) : désigne les portions de côtes sur lesquelles le changement climatique intensifie l'érosion. R (réduction) : correspond aux portions de côtes sur lesquelles le changement climatique entraîne une réduction de l'érosion.

Source : Casas-Prat, M. ; Sierra, J. P. « Trend analysis of wave direction and associated impacts on the Catalan coast », *Climatic Change*, 115, 2012, p. 667-691.

Cela signifie que plus de 70 % des plages connaissent un changement par rapport aux conditions initiales ; 50 % d'entre elles connaîtront une aggravation (plus d'érosion), tandis que les autres connaîtront une amélioration (accumulation). Le diagnostic alerte sur la vulnérabilité de la portion nord de la côte catalane. La figure 11 montre le potentiel d'érosion et d'accumulation.



L'aspect désertique du Fangar, l'une des icônes du Parc naturel du Delta de l'Ebre.

Source : Mariano Cebolla. Archive du Parc naturel du Delta de l'Ebre.

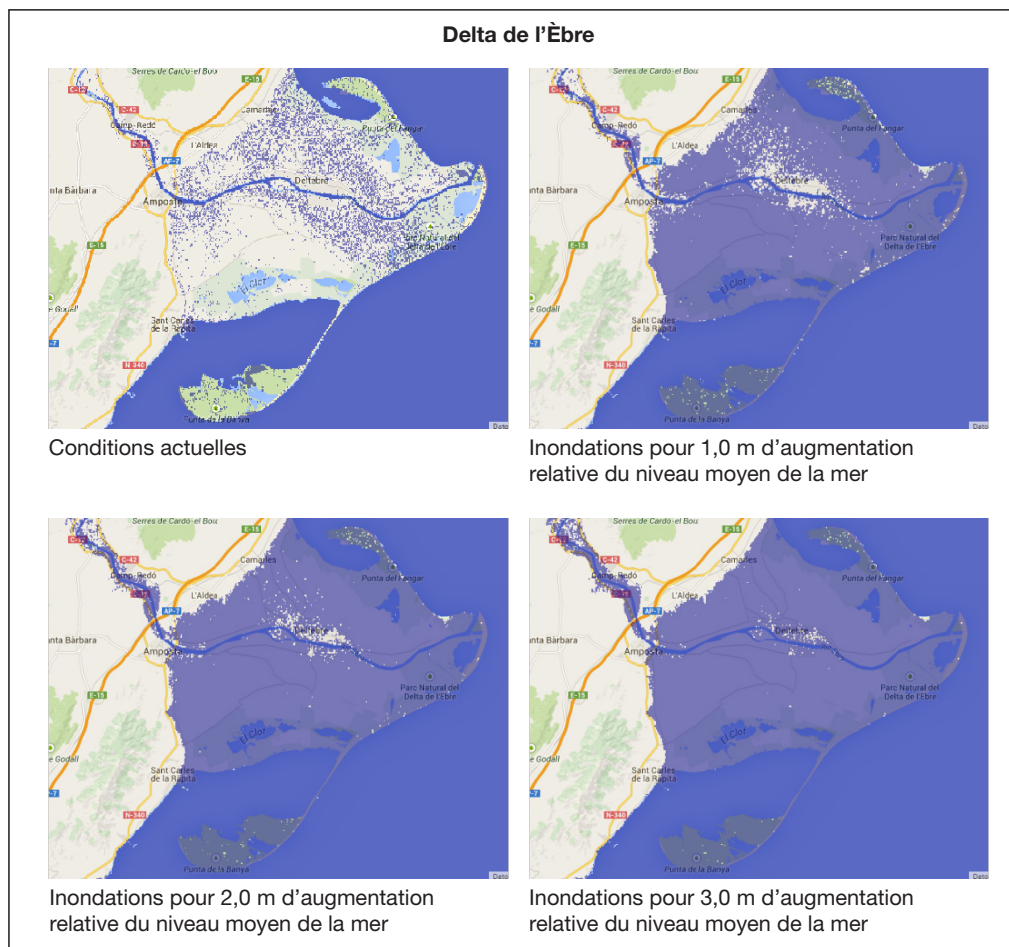


Figure 12. Effet de l'augmentation relative de la mer sur le delta de l'Èbre. Le delta actuel se trouve sur le côté supérieur gauche. Les inondations causées par 1,0, 2,0 et 3,0 m d'augmentation relative se trouvent ci-après, calculées en tenant compte du fait que le delta ne répond pas au changement relatif aux niveaux terre-mer et que l'on peut donc, de ce fait, appliquer un modèle de type « baignoire » (*bathtub* ou inondation simple), qui implique l'absence de réaction du profil de la plage. Le niveau relatif correspond à une augmentation de la mer jusqu'à 2,0 m et à un affaissement jusqu'à 1,0 m. Cela permet une analyse de sensibilité, sans associer ces niveaux à un horizon de temps déterminé.

Source : La topographie provient d'un modèle numérique du terrain, obtenu à partir d'images de l'Institut cartographique et géologique de Catalogne.

Ce transport de sédiments dominera l'évolution des caractéristiques de la plage à moyen terme. Cependant, à long terme, il convient de tenir compte de la combinaison entre l'affaissement de la côte et l'augmentation du niveau moyen de la mer. Il convient également de tenir compte des modifications épisodiques causées par les tempêtes. Dans ce sens, on prévoit que plus de 50 % de la côte de Catalogne devienne vulnérable ou très vulnérable par l'érosion provoquée par l'action des tempêtes.

Ainsi, en observant la contribution du transport longitudinal, en 2060, la Catalogne aura 140 km de côtes très vulnérables aux effets des tempêtes, phénomène qui contraste

fortement avec les 61 km actuels. El Montsià, El Baix Ebre, El Tarragonès et El Baix Penedès sont les régions dans lesquelles l'augmentation des kilomètres de côtes en situation de vulnérabilité sera la plus importante (en particulier dans El Montsià où elles passeront de 3 à 65 km). Les figures 12 et 13 montrent respectivement l'effet de l'augmentation relative de la mer sur le delta de l'Èbre et la plage de Barcelone.

Enfin, cependant, si l'on considère l'effet combiné du transport longitudinal des sédiments et l'augmentation relative du niveau moyen de la mer, les modèles suggèrent que la Catalogne aurait 164 km de côtes, sur un total de 218 km étudiés, avec une vulnérabilité élevée ou très élevée à l'érosion. L'Alt Empordà se distingue particulièrement avec la totalité de sa côte rendue vulnérable.

Les ports, les infrastructures les plus vulnérables

Les ports constituent un autre élément littoral affecté par le changement climatique (en particulier par l'augmentation du niveau de la mer). Dans ce cas, les principaux impacts potentiels directs sont le débordement des brise-lames de protection des embarcations et l'inondation des quais et surfaces portuaires.

Conformément aux modèles, les débits de débordement, c'est-à-dire l'eau qui passe au-dessus des brise-lames, augmenteraient de manière significative dans de nombreux ports catalans. Ce phénomène entraînerait une augmentation du nombre de ports en

situation de vulnérabilité, particulièrement devant le risque de tempêtes de moyenne ou de forte intensité, ce qui affecterait l'exploitation portuaire et pourrait comporter de sérieux problèmes de gestion des installations.

Si le niveau de la mer augmente au-delà de ce qui est prévu (environ 4 cm/décennie), la situation empirerait de manière significative. La majeure partie des ports avec des problèmes potentiels de débordement sont localisés dans la moitié nord de la côte catalane.

Les ports situés le plus au nord subiraient une augmentation de l'agitation, nom donné aux variations causées par les vagues de courte période enregistrées dans les ensembles portuaires en raison de changements de



Figure 13. Évolution de la ligne de contour de la plage de la Barceloneta, causée par la montée du niveau de la mer, sur la base d'une plage de sable fin (cas théorique) et de l'existence d'infrastructures rigides (cas réel).

Source : Troisième rapport sur le changement climatique en Catalogne, 2016.

conditions des vagues. Le même phénomène se produirait dans les ports situés plus au sud. En revanche, l'agitation moyenne annuelle pourrait se maintenir ou se réduire dans les ports situés dans la zone centrale de la côte catalane. Il convient de prendre en compte que l'été sera l'époque de l'année qui verra l'agitation augmenter, précisément lorsque la côte est la plus fréquentée.

2.4. Les écosystèmes : changements de structures, de fonctionnement et dans les services qu'ils nous rendent

Les écosystèmes sont utiles à plusieurs titres. Ils nous fournissent une série de services productifs, tels que les aliments, les pâturages pour les troupeaux, des médicaments, du bois, etc., mais également des services environnementaux, comme le maintien de la biodiversité, la régulation de la composition atmosphérique et du climat, la conservation du sol et de l'eau ou le stockage de carbone, entre autres.

Ils ont également un aspect social : des utilisations récréatives, éducatives et de loisirs, des valeurs traditionnelles culturelles, du tourisme, des randonnées, etc. En outre, la plupart de ces services ont une lecture économique évidente. C'est pourquoi les effets du changement climatique sur les écosystèmes est un thème essentiel qui a des conséquences dans plusieurs domaines.

Le premier constat concerne le fait que l'augmentation de la température, les nouveaux modèles de précipitations et autres changements climatiques affectent déjà les écosystèmes terrestres et catalans. Certains faits ont déjà été éprouvés ou supposés par la plupart des gens. Le printemps est en avance ? L'hiver tarde davantage à arriver ? Certaines espèces végétales fleurissent plus tôt ou des animaux migrateurs ont changé leurs étapes d'arrivée et de départ ? Plusieurs études confirment et quantifient ces impressions.

Par exemple, tout le monde sait que le début du printemps intervient plus tôt et que l'arrivée de l'hiver s'est retardée, ce qui fait que la période végétative s'est prolongée de trois ou quatre jours en moyenne par décennies pendant les cinquante dernières années. En ce qui concerne la nature dans laquelle il y a tant d'interactions et de dépendance entre certaines espèces, ce phénomène peut entraîner des changements encore plus visibles (à titre d'exemple, les oiseaux migrateurs peuvent manquer d'aliments pour nourrir leurs petits parce que les plantes ont modifié leurs modèles de floraison ou de production de fruit).

Certaines espèces sont plus vulnérables à ces changements que d'autres, ce qui entraîne une diminution de la compétition. En dernier lieu, la composition des communautés change (par exemple la variété d'espèces diminue dans nos fourrés), ainsi que la distribution des espèces (certaines espèces méditerranéennes partent vivre sur des côtes plus élevées pour compenser l'augmentation de la température).

Changements génétiques qui transforment les écosystèmes

Les preuves peuvent être observées depuis un niveau plus petit, à une échelle moléculaire, jusqu'aux images satellites, et montrer de grandes altérations sur l'ensemble

du pays. Parmi ces altérations, l'on trouve des modifications dans le métabolisme des organismes, des changements dans la démographie des populations végétales et animales, des variations dans la composition des communautés et des différences dans la structure et le fonctionnement des écosystèmes.

Observons un exemple à la plus petite échelle : des études de terrain effectuées à El Montseny et expériences de manipulation climatique menées dans El Garraf (dans lesquelles on a provoqué un réchauffement et un déficit hydrique) montrent que beaucoup d'espèces ont la capacité de s'acclimater et de s'adapter rapidement en réponse au changement climatique, car elles profitent de la variabilité génétique de leurs populations.

Il est par conséquent possible de tirer deux conclusions : 1) les impacts sévères sur les organismes et les écosystèmes catalans peuvent être significatifs, et 2) moins les espèces ont de variabilité génétique, moins elles auront de capacité de réponse et d'adaptation.

Le matériel génétique, l'ADN peut subir des variations dans la séquence de nucléotides, les quatre lettres A, C, T et G qui se combinent pour produire l'extraordinaire diversité de la vie. Cependant, les dernières années ont montré des altérations dans l'expression des gènes qui ne sont pas attribuables à cette séquence : c'est le phénomène connu sous le nom d'*épigénétique*, qui, en résumé, consisterait en des changements dans certaines parties de l'ADN, tels que les *processus de méthylation*, qui font qu'un gène déterminé s'exprime ou pas.

Cela signifie, en définitive, qu'en génétique, non seulement la séquence des nucléotides compte, et donc les gènes qu'un individu possède, mais également l'existence d'une sorte d'interrupteurs qui peuvent en allumer ou éteindre l'activité.

On a procédé à l'analyse des changements dans les profils de méthylation des chênes verts (*Quercus ilex*) soumis à une sécheresse provoquée de manière expérimentale et on a observé des différenciations épigénétiques clairement attribuables à cette sécheresse. On a également utilisé des techniques basées sur l'analyse de différents métabolites pour mesurer l'activité dans la bruyère multiflore (*Erica multiflora*) et le chêne vert, et on a décrit une baisse d'activité des voies métaboliques liées à l'accumulation d'énergie et à la croissance, ainsi qu'une augmentation des routes métaboliques secondaires liées aux mécanismes anti-stress comme réponse à l'augmentation du degré de sécheresse.

Les conséquences peuvent être très diverses et inattendues. Les changements métaboliques comportent des changements de composition chimique des différents organes des plantes. Ces changements affectent la saveur des plantes qui peuvent être plus ou moins agréables au palais des herbivores. Par conséquent, les changements métaboliques peuvent affecter tout le réseau trophique.

Toutes les réponses métaboliques ont un fort effet sur la croissance et le développement des organismes à moyen et long termes. Ainsi, à la chênaie verte des montagnes de Prades, on a observé qu'une petite réduction de l'humidité du sol a entraîné une

réduction très importante de l'augmentation de biomasse. Cette forte diminution de la croissance des arbres a été produite par une diminution des taux nets de photosynthèse et par une augmentation de la défoliation.

Le calendrier de la nature se modifie

Les espèces méditerranéennes montrent une forte capacité d'acclimatation à des conditions chaudes et sèches, mais elles peuvent être sensibles à des situations de sécheresse persistante et au stress provoqué par des températures élevées. L'une des stratégies que ces espèces peuvent suivre consiste à profiter au maximum des périodes dans lesquelles elles disposent de conditions favorables.

Cela est possible grâce à des changements phénologiques, c'est-à-dire liés aux cycles climatiques. On a en effet déjà observé que le changement climatique altère non seulement le calendrier de sortie des feuilles et l'époque de floraison, mais qu'il a également une incidence sur la chute des feuilles d'espèces à feuilles caduques en hiver.

En général, le réchauffement retarde le vieillissement et la chute des feuilles. À l'inverse, la sécheresse l'avance, et son intensité varie selon les espèces. L'impact du changement climatique dépendra, en définitive, de l'importance relative de chacun des facteurs dans des régions ou pour des années spécifiques.

Pour ce qui est de la dépendance ou de la relation mutuelle entre plantes et animaux, ces derniers connaissent également des changements phénologiques. Il existe déjà des données fiables concernant la précocité des dates d'apparition des abeilles, ainsi que de la floraison de certaines plantes qu'elles pollinisent.

En ce qui concerne les changements dans le rang de distribution des espèces, on constate qu'il existe de nombreuses espèces qui s'étendent vers des latitudes plus proches des pôles ou des côtes plus élevées des montagnes.

Les grands arbres, de petits micro-organismes

Toutes les espèces d'arbres ne sont pas égales face à la sécheresse. Dans le cas du chêne vert, espèce dominant les forêts méditerranéennes catalanes, les dernières années ont souffert d'une diminution importante de la productivité et d'une augmentation de la mortalité ainsi que des taux de défoliations. En revanche, pour d'autres espèces arbustives de port élevé et plus adaptées à des milieux arides, l'effet de la sécheresse a été moindre.

Ainsi, l'on peut s'attendre, si le climat méditerranéen devient plus aride dans le futur, à ce que le chêne vert soit remplacé par ces espèces arbustives et, par conséquent, à ce que la capacité de puits de CO₂ des forêts de notre pays soit réduite.

Il convient également de prendre en compte l'effet du changement climatique sur les communautés microbiennes du sol. En dépit de leur petite taille, ces organismes régulent les cycles du carbone et des nutriments à échelle globale.

Les changements dans les régimes de précipitation peuvent, en premier lieu, altérer la composition de la communauté microbienne en raison de l'extinction à l'échelle locale de certaines unités taxonomiques opérationnelles, on ne parle pas d'espèces pour les microorganismes. Ils peuvent également modifier l'abondance relative de bactéries et de champignons qui ont des activités très différentes dans la décomposition d'autres organismes et qui, par conséquent, peuvent conditionner la disponibilité de matière organique pour d'autres organismes, comme les macroinvertébrés.

Les microorganismes sont plus résilients et peuvent donc répondre aux perturbations. Cependant, il conviendra d'observer le changement climatique sur ces communautés, car elles peuvent entraîner des variations à plus grande échelle.

Les altérations provoquées par le changement climatique sur les écosystèmes terrestres, sont donc déjà visibles. On prévoit qu'ils le seront plus encore dans le futur. Cependant ces altérations peuvent être plus fortes et significatives si le changement climatique est associé à d'autres perturbations associées, comme les inondations, les épisodes de sécheresse, les vagues de chaleur et les incendies de forêts. D'autres facteurs pourront y contribuer, comme les changements d'utilisation du sol, la contamination et la surexploitation des ressources.

Ces perturbations compromettent, et compromettent, les services environnementaux, productifs et sociaux fournis par les écosystèmes terrestres. Par conséquent, les politiques de gestion environnementale et forestière devront tenir compte des caractéristiques propres à nos écosystèmes ainsi qu'à nos conditions climatiques, environnementales et sociales pour les années et les décennies à venir.

La sécheresse, un facteur déterminant pour l'intégrité des écosystèmes aquatiques continentaux

Dans notre pays, les écosystèmes aquatiques continentaux (rivières, étangs, lacs, lagunes, bassins et réservoirs) présentent une grande diversité de faune et de flore. Ces organismes se sont adaptés aux changements hydrologiques extrêmes propres au climat méditerranéen. Cependant, si ces changements augmentent ou s'intensifient, leur capacité de résistance pourrait atteindre leurs limites.

À moyen terme, certaines niches écologiques pourraient rester vides et envahies par des espèces non autochtones, ce qui pourrait conduire à des communautés plus homogènes et à une réduction du nombre d'espèces endémiques, pour l'instant plus abondant que dans beaucoup d'autres régions climatiques.

La principale altération connue par ces systèmes aquatiques est liée au cycle hydrologique, qui est plus conditionné par l'activité humaine que par le changement climatique : dans les bassins intérieurs de la Catalogne, 36,4 % des débits (30 % si on y intègre le Sègre) sont interceptés pour des usages urbains ou agricoles.

Le changement climatique peut affecter de manière importante les espèces qui vivent dans ces écosystèmes : ce peut être le déclencheur de la fréquence accrue des événe-

ments extrêmes et transitoires qui affectent la présence de certaines espèces, comme les sécheresses et les inondations, mais aussi des modifications dans les conditions hydrologiques normales.

L'augmentation de l'anomalie thermique peut être la cause de la diminution de la couverture de glace sur les lacs des Pyrénées, de l'avancement et de l'extension de la période de stratification des masses d'eau lacustres et de l'augmentation de la température de l'eau fluviale, avec des conséquences biogéochimiques pour la biodiversité.

Des phénomènes très divers liés au climat, comme la sécheresse, peuvent avoir une influence sur l'état des écosystèmes aquatiques. L'augmentation de la sévérité et de la fréquence de ce phénomène (spécialement en été, comme il a pu être constaté sur l'ensemble du territoire de la péninsule ibérique au cours des cinq dernières décennies) peut provoquer la rupture du cours du fleuve et l'apparition d'une mosaïque fragmentée de masses d'eau éphémères et déconnectées.

En Catalogne, ce processus d'augmentation de la résidence de l'eau dans le système hydrique, appelé *interception*, peut être très clairement observé car un grand nombre de nos cours d'eau sont régulés par un réseau très dense de verrous. Pendant les périodes de sécheresse, ces verrous, ainsi que de petits étangs isolés de rivières asséchées accumulent une grande partie de l'eau et de l'activité biologique des réseaux fluviaux.

Si la température moyenne de l'atmosphère de la Terre augmentait de 2 °C par rapport à l'époque pré-industrielle (ce que l'Accord de Paris veut éviter), tous les changements qui en découleraient pourraient entraîner une augmentation de 13 % du temps de résidence de l'eau dans les cours d'eau catalans.

Cette augmentation pourrait provoquer une accumulation de matière organique, un déficit d'oxygène, l'augmentation de la salinité, l'acidification des rivières et des lacs ayant une eau peu minéralisée et surtout l'augmentation de la méthanisation ou de la production de méthane, qui est un puissant GES. L'apparition de grandes populations stables de macrophytes dans les rivières réglementées telles que l'Èbre et le Sègre, est une preuve évidente de ces changements biogéochimiques et du régime d'écoulement.

Les crues peu prévisibles

Le phénomène opposé, l'augmentation de la fréquence de crues, est plus subtil. En Catalogne, les événements les plus catastrophiques ne présentent aucune tendance significative, bien que la fréquence de crues extraordinaires (débordements avec destructions ponctuelles de patrimoine) ait tendance à augmenter depuis 1850, en particulier en fin d'été et début d'automne. Ces épisodes sont non seulement liés à l'écoulement de la rivière, mais également au modèle urbanistique et d'occupation du territoire.

Du point de vue des écosystèmes aquatiques, une augmentation de la fréquence de ces événements peut ponctuellement faire augmenter les concentrations d'un grand nombre de substances dissoutes dans l'eau, telles que le carbone organique et les nitrates, que l'écosystème fluvial peut difficilement retenir ou écouler et qui finiront par stagner dans des étangs et réservoirs, zones alluviales et deltaïques et zones côtières.

Une augmentation de ces événements extrêmes, qui mobilisent le substrat, érodent le lit et transportent des sédiments, peut favoriser des changements des habitats fluviaux et, par conséquent, une perte d'hétérogénéité. Elle peut également avoir pour effet un effondrement des réseaux d'assainissement des zones urbanisées et du fonctionnement des égouts.

L'incidence dans la distribution des espèces aquatiques

L'augmentation de la température de l'eau affecte le cycle vital et la distribution des espèces, entraîne des changements dans les interactions et les réseaux trophiques et favorise l'arrivée d'espèces d'envahisseurs. Certains processus vitaux, comme celui de la métamorphose, sont également constatés chez des espèces autochtones. En revanche, le temps de développement est réduit par l'augmentation de la température, ce qui donne pour résultat des individus adultes plus petits et avec un moins bon potentiel de reproduction.



Le lac de Baborte et col de Sellente, dans le Parc naturel de L'Alt Pirineu.

Source : Gouvernement de la Catalogne.

La distribution d'espèces d'eau froide, telles que la truite commune (*Salmo trutta*) ou certaines espèces d'insectes, pourrait être réduite en raison de la température sur le pré-littoral et les pré-Pyrénées. Les conséquences du réchauffement se font néanmoins ressentir dans les écosystèmes aquatiques de haute montagne. Ainsi, les études réalisées au lac Redon (Vall d'Aran) montrent une claire tendance au réchauffement de l'eau tout au long du xx^e siècle, accélérée ces dernières années par l'augmentation de la température en été, et en particulier en automne. Le réchauffement a un impact évident sur certaines espèces qui l'habitent.

En même temps, la modification de la durée de la couverture de gel a des conséquences sur la composition des communautés des étangs de haute montagne.

Changements profonds sous la surface de la mer

La Méditerranée est une mer semi-fermée qui conjugue une très grande richesse biologique à une très forte pression de l'activité humaine sur la côte, deux aspects qui la rendent particulièrement vulnérable au changement climatique. Les dernières décennies ont montré des variations de plusieurs paramètres, bien que tous ces changements ne soient pas uniquement provoqués par ce phénomène.

Une étude récente montre que seul environ 42 % du réchauffement observé au cours des dernières décennies serait causé par l'action humaine ; le reste proviendrait de l'influence de l'oscillation atlantique multidécennale (OAM), un modèle de variabilité lié à cet océan et qui produit des variations des cycles de températures.

Cette remarque est importante pour les projections futures car, d'un côté l'OAM pourrait atténuer l'effet du réchauffement global, mais de l'autre, il renforcerait également l'augmentation thermique à certaines périodes.

Dans tous les cas, le changement des conditions climatiques a eu une incidence claire sur les écosystèmes et sur certaines espèces. Il convient d'en avoir conscience pour le futur.

Tout d'abord, la précieuse série de données de l'Estartit, mentionnée précédemment, offre des informations sur la température de l'eau de mer à différentes profondeurs (depuis 1974) et sur l'évolution du niveau de la mer (depuis 1990).

En résumé, l'information collectée montre des augmentations de la température moyenne annuelle de respectivement +0,3 °C à +0,19 °C par décennie dans les premiers 50 mètres et à 80 mètres de profondeur. Le niveau de la mer a augmenté de 3,9 cm en moyenne par décennie.

Ces données ne peuvent être extrapolées à l'ensemble de la mer catalane, qui recouvre une surface de 74 000 km². La Méditerranée présente déjà une variabilité naturelle de ces deux paramètres et les données de l'Estartit, outre leur valeur pour suivre l'évolution en un point précis du littoral de L'Empordà, permettent de tracer une orientation générale pour le littoral catalan.

La salinité de la Méditerranée a également augmenté depuis la moitié du xx^e siècle. L'augmentation est très élevée dans des zones profondes, en dessous de mille mètres. En revanche, cette augmentation est plus limitée en surface. Concernant le futur, les résultats des différents modèles diffèrent et, par conséquent, il n'est actuellement pas possible d'affirmer si la salinité augmentera ou diminuera.

Dans la Méditerranée comme dans la majeure partie des mers et océans de la planète, on observe un processus d'acidification des eaux. Ce phénomène est dû à l'augmentation de CO_2 dans l'atmosphère, ce qui a pour conséquence une dissolution plus importante dans les mers et les océans ainsi qu'une diminution de la teneur en pH de l'eau (c'est-à-dire plus d'acidité). On prévoit une augmentation significative de ce processus dans les années à venir.

Le consensus scientifique indique que l'acidification affectera de manière négative la disponibilité de carbonate calcaire ce qui, par conséquent, empêchera la croissance d'espèces dont le squelette ou la coquille sont formés par ce composant, comme les algues coralliennes, les mollusques (moules, clovisses, escargots), les crustacés (langoustes, crabes) et un grand nombre de coraux.

La Méditerranée est une mer qui présente une tendance à l'oligotrophie, c'est-à-dire, à une faible concentration de nutriments. Le changement climatique allongera probablement la période d'appauvrissement en nutriments, qui s'étend de la fin du printemps au début de l'automne.

Cependant, la présence des nutriments peut être davantage liée aux actions humaines qu'au réchauffement planétaire. L'utilisation intensive des cours d'eau a diminué le volume d'eau atteignant la mer et, par conséquent, la quantité de nutriments qui y sont amenés.

Par ailleurs, les produits plus écologiques comme les détergents sans phosphates ou les normes qui limitent l'utilisation de certains produits tels que les engrais chimiques et les purins ont respectivement entraîné une diminution de la quantité de phosphore et d'azote amenés à la mer.

Le résultat de ces actions est qu'au cours des vingt-cinq dernières années, aucune tendance à la hausse ou à la baisse de la concentration de nitrates et de silicate d'ammonium dans les eaux marines n'a été constatée, tandis qu'on a constaté une diminution de la concentration de phosphates.

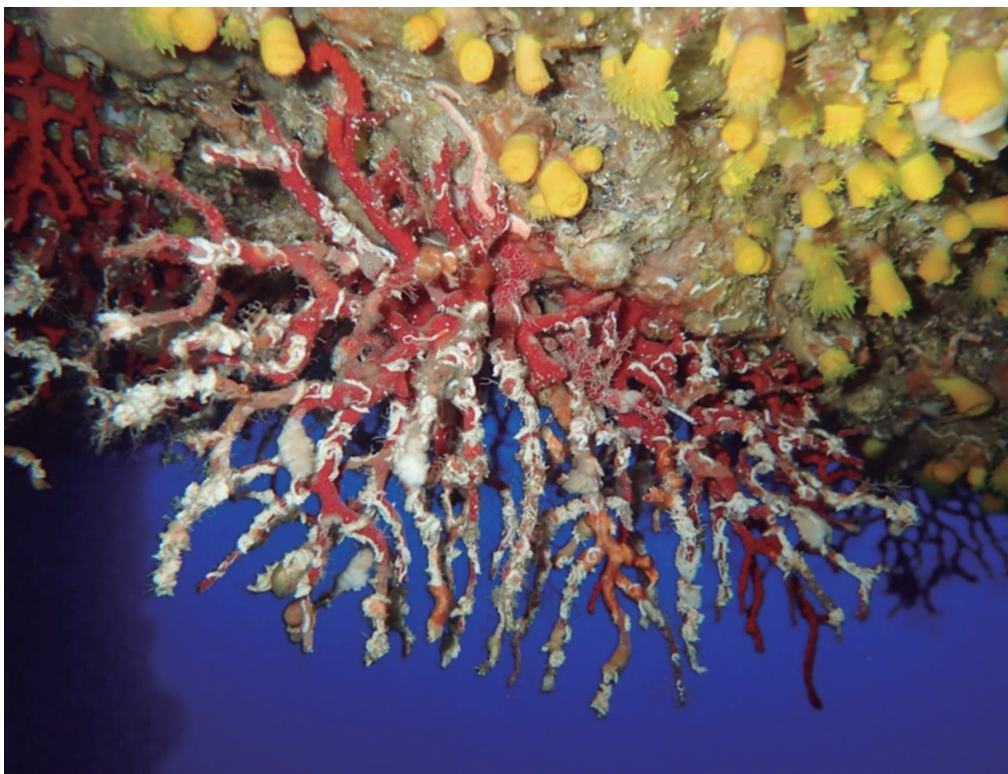
Le corail et les posidonies, deux communautés en danger

Tous ces changements progressifs, accompagnés d'épisodes ponctuels de sur-réchauffement en été ou d'une augmentation des tempêtes d'automne, ont des conséquences sur les écosystèmes marins. Le corail des fonds littoraux est l'une des communautés les plus touchées. C'est une communauté exclusive de la Méditerranée principalement constituée de certains types d'algues calcaires incrustées. On a identifié jusqu'à 1 666 espèces différentes, bien que ce chiffre semble en-deçà de la réalité. Cet élément indique clairement sa valeur en tant que réserve de biodiversité.

La communauté corallienne subit les effets de la pêche au filet, de l'ancrage d'embarcations, du « piétinement », de la contamination et de la prolifération d'espèces exotiques. Malgré ces facteurs, le plus grand impact est causé par le changement climatique : les épisodes de réchauffement des eaux superficielles et sous-superficielles se prolongent jusqu'à l'automne, ce qui interfère dans les processus naturels comme le mélange vertical des eaux et finit par générer des épisodes de mortalité massive, généralement d'espèces invertébrées suspensivores, difficilement récupérables.

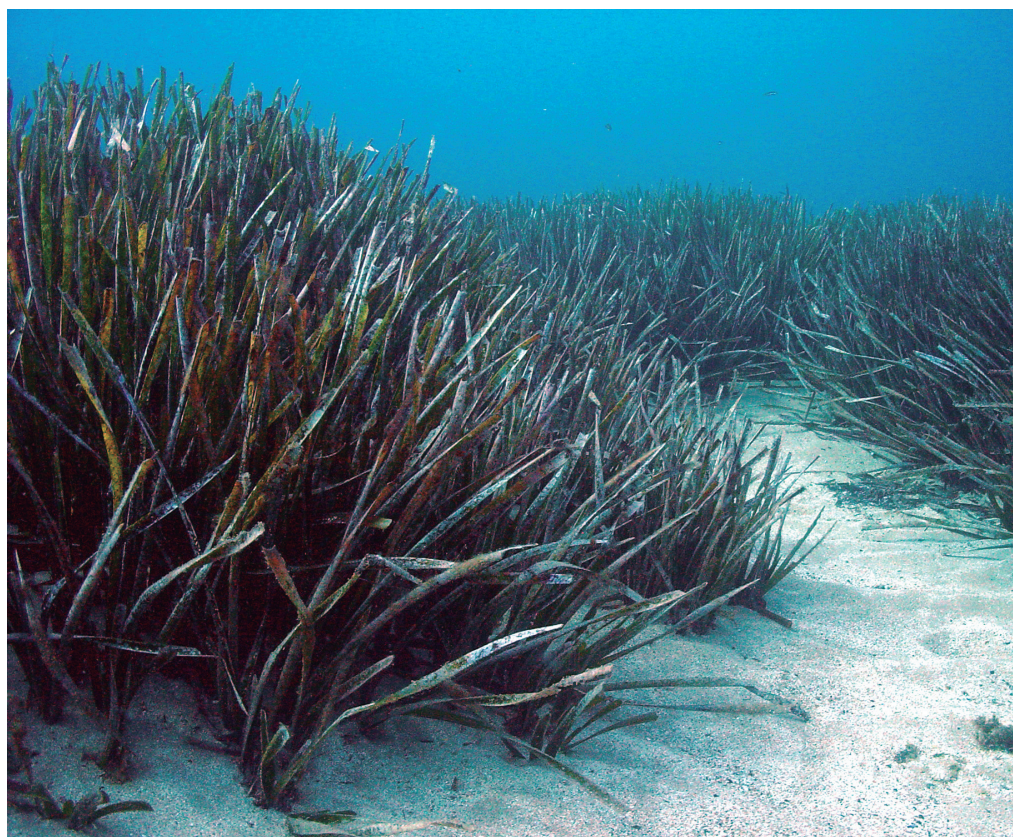
D'autre part, la posidonie (*Posidonia oceanica*), une phanérogame marine endémique de la Méditerranée, est sensible aux variations de température et du niveau de la mer. Ses prairies retiennent de la matière organique, ce qui permet à certains organismes des fonds durs de s'y installer. Ils servent également de refuge et de zone d'élevage aux poissons et autres animaux, stabilisent les sédiments et protègent le littoral, tout en constituant un grand puits de carbone, comme cela a été mentionné dans la première partie de ce résumé.

Par ailleurs, les prairies de posidonies figurent parmi les communautés marines les plus menacées par les activités humaines et, en particulier, par la modification des apports de sédiments depuis le continent, qui peuvent enterrer ou arracher les algues. Elles sont très sensibles à l'augmentation de la température de l'eau et à l'acidification



Colonie de corail rouge (*Corallium rubrum*) touchée par une nécrose associée à un épisode de réchauffement de la température. Une fois dégradé, le tissu laisse les squelettes calcaires à découvert qui sont colonisés par des espèces opportunistes.

Source : Gouvernement de la Catalogne.



Vue générale d'un herbier de phanérogames marins formé de posidonie (*Posidonia oceanica*), espèce endémique de la Méditerranée.

Source : Gouvernement de la Catalogne.

provoquées par le changement climatique, ainsi qu'à l'augmentation du niveau de la mer, un facteur susceptible de réduire la quantité de lumière qui leur arrive.

Tous ces facteurs conduisent à un pronostic très pessimiste : d'ici 2049 (plus ou moins deux ans avant ou après), les prairies de posidonies de la côte catalane pourraient être éteintes d'un point de vue fonctionnel (le stade auquel la densité des faisceaux de feuilles descend en dessous de 10 % de la densité actuelle).

Algues, moules, sardines et anchois

Les altérations des espèces sont particulièrement significatives dans le cas des algues, des invertébrés et des poissons. Les premiers présentent une diversité si élevée qu'il est difficile de prévoir si elles seront favorisées ou affectées par le changement climatique.

Dans le cas des invertébrés, il convient de souligner l'importante vulnérabilité des gorgones et autres espèces sessiles. L'augmentation de la température de l'eau pourrait augmenter la récurrence des épisodes de chaleur, ce qui porterait atteinte à l'élevage

de moules dans le delta de l'Èbre (en 2015, un épisode a mis fin à l'élevage de moules dans la baie des Alfacs et à une partie de celui de la pointe du Fangar).

Le réchauffement des eaux favoriserait également la prolifération d'espèces exotiques, telles que les lessepsiens, qui arrivent dans la Méditerranée depuis la mer Rouge, en passant par le canal de Suez. Enfin, des espèces exotiques peuvent également être introduites accidentellement avec des eaux de ballast ou des activités d'aquaculture.

Dans le cas des poissons, il n'est pas facile de discerner les effets du changement climatique de ceux provoqués par des actions humaines directes, telle que la surexploitation de la pêche. Concernant l'écosystème pélagique, les modèles prévoient une augmentation de la production primaire brute de phytoplancton qui n'est pas reflétée par une augmentation nette de la productivité de plancton en raison de l'augmentation de la respiration.

En outre, on observe un déplacement vers le nord d'espèces habituelles du littoral catalan, telles que les espèces sessiles, celles qui vivent unies dans un substrat, ou les espèces vagiles, celles qui peuvent bouger. L'augmentation de la température de nos eaux conduit ces espèces à chercher des eaux moins chaudes. À l'inverse, comme il a déjà été prouvé, des espèces thermophiles venues du sud peuvent s'établir progressivement sur notre littoral.



Chalutier remorquant son chalut et retournant au port avec du poisson bleu (sardines et anchois) après une nuit de pêche.

Source : Gouvernement de la Catalogne.

Il existe des corrélations entre les poissons et le climat qui ne sont pas dues au réchauffement progressif de la planète, mais à des phénomènes récurrents comme l'oscillation de la Méditerranée occidentale (WeMO). Les périodes avec des valeurs de WeMO positives sont associées à des températures basses du milieu marin, à d'importants rejets d'eau des rivières et à un mélange vertical fort de la colonne d'eau, et coïncident avec une augmentation des captures de petits poissons pélagiques, comme la sardine (*Sardina pilchardus*) et l'anchois (*Engraulis encrasicolus*).

Il convient de noter que la valeur commerciale des captures conjointe de ces petits poissons pélagiques pourrait diminuer, en raison d'une plus grande proportion de poissons thermophiles telle que l'allache (*Sardinella aurita*) dans la capture finale conjointe des trois espèces.

Les conséquences sur l'élevage de moules ou la capture de sardines et d'anchois ont des répercussions socioéconomiques importantes. Il en va de même pour d'autres phénomènes. Les hivers doux, la faible pluviosité et les étés chauds favorisent une augmentation de la prolifération et de la permanence d'essaims de méduses sur les plages. Certaines algues microscopiques toxiques peuvent se trouver favorisées par des eaux plus chaudes et plus stratifiées. Là encore, le changement climatique n'en est pas l'unique cause : la prolifération d'algues toxiques est favorisée par des infrastructures littorales qui se sont multipliées par quatre au cours du siècle dernier (on trouve aujourd'hui quarante ports sur 400 km de littoral catalan).

Protéger la Méditerranée pour la rendre plus forte

La Méditerranée, qui ne représente que 0,82 % de la surface et 0,32 % du volume de l'ensemble des mers et océans du monde, bénéficie d'une biodiversité très supérieure et d'un pourcentage d'organismes marins plus élevé que celui qui correspondrait à ses dimensions.

Comme il a été mentionné précédemment, le changement climatique met en risque certaines de ces espèces ou les communautés qui en font partie. Par ailleurs, la mer régule le climat et les écosystèmes littoraux protègent la côte. C'est une référence culturelle et vitale pour beaucoup de personnes, ainsi qu'une source d'activités économiques et de loisirs. Pour toutes ces raisons, la protection de la mer revêt une importance extraordinaire.

Elle est affectée par le changement climatique. C'est pourquoi les mesures générales destinées à réduire les concentrations de CO₂ sont tout aussi essentielles pour conserver les écosystèmes marins. Cependant, dans les paragraphes précédents, on a souligné le fait que la plupart des problématiques qui l'affectent ne proviennent pas du changement climatique mais des activités humaines directes.

C'est pourquoi, pour protéger la Méditerranée, il convient d'adopter des mesures comme celles de promouvoir une exploitation durable des ressources marines et de veiller à la richesse de la biodiversité marine de la mer catalane.

Il convient également d'agir pour réparer les écosystèmes qui ont déjà souffert, ce qui aura non seulement pour effet de limiter l'impact négatif des activités humaines sur la

Méditerranée, mais également de la rendre plus forte, ou moins faible, pour faire face à l'augmentation de la température et à toutes les conséquences qui en découlent.

2.5. Les sols : un élément vivant qui régule le climat et en subit les effets

Les sols jouent un double rôle par rapport au changement climatique. D'un côté, ils en sont un sujet passif, en raison de la modification, plus ou moins accélérée, de leurs propriétés et caractéristiques en fonction de la résilience et des utilisations auxquelles ils sont soumis. De l'autre, ils agissent comme puits de carbone et émetteur de GES, comme exposé dans la première partie du résumé.

On considère que le changement climatique touchera autant le sol que la dynamique de la matière organique qu'il contient, bien que ces effets soient encore peu prévisibles. Il est en revanche certain que les changements d'utilisation du sol peuvent avoir autant de conséquences ou plus que le changement climatique. Parallèlement, les émissions sont moindres sur les cultures sèches, tandis qu'elles sont plus difficiles à prévoir sur les sols irrigués.

L'évolution du climat et de ses impacts sur la végétation entraînera une augmentation de l'aridité et, par conséquent, de l'érosion qui pourrait être atténuée par des pratiques de conservations adaptées.

Certains processus sont beaucoup plus graves dans certaines régions. Ainsi, l'érosion causée par la pluie est particulièrement grave dans les Pyrénées et dans la vallée de l'Èbre. D'un autre côté, l'évapotranspiration diminuera la disponibilité d'eau des sols et en augmentera la salinité. C'est pourquoi, les zones d'irrigation nécessiteront une dotation plus grande pour l'irrigation et pour prévoir des fractions de nettoyage pour éviter l'accumulation de sels.

L'augmentation de la température pourrait permettre de déplacer des activités agricoles vers des zones à altitude plus élevée. Cependant, en Catalogne, ces zones présentent également des risques d'érosion car elles sont situées dans des zones avec une plus forte pente. Par conséquent, il conviendra de mettre en place, sur des critères techniques, une série de mesures de conservation et de terrasses.

Les réserves moyennes de carbone organique des sols agricoles de la Catalogne méditerranéenne et semi-aride représentent 100 mg par hectare (jusqu'à un mètre de profondeur). Les prévisions indiquent que nos sols connaîtront une perte lente de matière organique par minéralisation au cours des prochaines décennies. Pour la compenser, il conviendra de retourner des restes de cultures et d'appliquer des engrais organiques de qualité à des doses appropriées sur les sols agricoles, et d'améliorer la gestion des déchets organiques.

L'une des options qui permet d'atténuer les effets du changement climatique sur le sol est d'appliquer du biochar, qui correspond à la partie solide restante lorsque différents types de biomasse de déchets sont transformés par pyrolyse. Il peut être appliqué sur

le sol pour capturer le carbone et améliorer la fertilité ou être utilisé comme substrat de culture. Pour promouvoir cette pratique, il conviendra de modifier les plans d'énergie actuels pour l'inclure dans le processus de biomasse résiduelle, que produirait le biochar, l'énergie ou d'autres produits chimiques.

L'application adéquate, en termes de doses et de méthodes, de déchets issus de l'élevage ainsi que l'efficacité de l'utilisation de l'eau sont deux pratiques basiques qui permettent de réduire les émissions des sols tout en maintenant ses niveaux de salinité sans en affecter la qualité.

Il conviendrait également d'estimer de manière plus précise la capacité de capture et le carbone stocké dans les sols du pays, ce qui permettrait d'améliorer les modèles sur l'estimation des réservoirs de carbone organique sur l'ensemble du territoire.

Actuellement, le manque d'information, le cadre légal actuel et de récentes propositions législatives insuffisantes, ne permettent pas d'avancer dans la protection du sol ni de renforcer son rôle dans la lutte contre le changement climatique qui, comme nous l'avons déjà dit, revêt une importance moindre que les changements d'utilisation du sol et des autres activités humaines.

Protéger le sol, c'est également planifier le territoire d'une manière cohérente et promouvoir les pratiques adaptées à chaque zone et situation.

3^e PARTIE



Systemes humains : impacts, vulnérabilité, adaptation et atténuation

3.1. Changement climatique et sécurité alimentaire

La Catalogne est le premier centre d'industrie agroalimentaire d'Europe : elle produit plus de 7 millions de tonnes de produits agricoles et plus de 3,7 millions d'hectolitres de vin et d'huile (2013). L'ensemble, le système agroalimentaire catalan, comprenant les secteurs primaire, secondaire et tertiaire, représente 20,8 % du PIB industriel catalan et génère 3,8 % du PIB du pays, ce qui révèle l'importance économique du secteur.

Malgré sa force, le secteur présente aussi des caractéristiques qui lui donnent une certaine vulnérabilité face au changement climatique. L'agriculture et l'élevage occupent un tiers du territoire et sont des secteurs qui peuvent avoir d'importantes répercussions pour le changement climatique.

L'autosuffisance alimentaire de la Catalogne est aujourd'hui de 40 %. Par conséquent, une augmentation de la population et les effets du changement climatique (essentiellement les disponibilités hydriques) peut faire diminuer ce pourcentage et contribuer à augmenter la dépendance à l'extérieur, dans un futur qui identifie les aliments comme un point critique à échelle mondiale.

Des cultures aux troupeaux

Les effets du changement climatique sur les systèmes agroalimentaires sont complexes et variés. Dans tous les cas, l'incertitude sur la production d'aliments augmentera.

La Catalogne présente une importante hétérogénéité environnementale. Par conséquent, les zones de cultures, irriguées ou sèches (30 % et 70 % respectivement), les

variétés ou les systèmes de production, les effets du changement climatique seront différents. Par ailleurs, l'augmentation des températures peut rallonger les cycles de croissance de certaines cultures et les réduire pour d'autres, générer des problèmes de floraison et de maturation, et affecter la qualité organoleptique des produits.

Les principaux défis de l'agriculture catalane par rapport au changement climatique visent à améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'eau et de la gestion de l'engrais, principalement l'engrais azoté, l'utilisation de matériel végétal plus efficace ou nouveau et l'agriculture de précision, entre autres. Des éléments positifs permettent de faire face aux changements : la capture de carbone par les cultures et le sol, la croissance de l'agriculture biologique, de plus en plus demandée, la mise en place d'une agriculture de conservation et une meilleure gestion des déchets des cultures contribuent à réduire et atténuer l'émission des GES.

La diminution des ressources hydriques, de pluie et d'irrigation (rivières, réservoirs, nappes phréatiques, eau recyclée, etc.) revêt une importance particulière dans le cas de l'agriculture, qui représente entre 70 % et 80 % des ressources hydriques gérées en Catalogne. L'agriculture est donc la principale utilisatrice de l'eau, mais également un régulateur clé dans le système hydrologique.

La probable baisse des précipitations en Catalogne porterait la disponibilité d'eau par personne et année à 1 850 m³, une valeur proche du stress hydrique selon l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). Dans ce scénario, pour couvrir les besoins d'irrigation de l'agriculture, il faudra augmenter l'efficacité de l'utilisation de l'eau pour les cultures sèches et les cultures irriguées. Entre autres mesures, il est possible d'y parvenir avec des systèmes de distribution et de gestion impulsés par des communautés d'irrigation et avec des stratégies d'agriculture de conservation sur les sols.

L'autre aspect clé est la gestion des engrais azotés, qui sont essentiels pour augmenter la productivité du sol mais contribuent au changement climatique par l'émission de GES (particulièrement de N₂O). Actuellement, la Catalogne en fait un usage excessif, bien que les chiffres exacts ne soient pas connus précisément.

Les conséquences environnementales des engrais azotés à l'échelle régionale sont, dans certains cas, importantes et négatives. Afin d'améliorer cette situation et d'éviter qu'elle s'aggrave, il conviendrait de mettre en place des systèmes participatifs pour transmettre les connaissances sur une gestion raisonnée des éléments nutritionnels dans l'agriculture et encourager des modèles de gestion plus efficaces et durables.

Dans l'élevage, l'augmentation des températures aura différents effets sur la productivité selon les espèces. Ainsi, les vagues de chaleur affectent de manière négative la production de lait chez certains ruminants (dont la composition chimique varie). Les porcs et les volailles ont un intervalle de confort thermique plus réduit, ce qui signifie, par conséquent, qu'une température plus élevée pourrait grandement les affecter si les installations dans lesquelles ils se trouvent ne sont pas adaptées. Il conviendrait en effet de les adapter aux conditions de bien-être animal définies par l'Union européenne.

Il apparaît clairement que pour compenser ces anomalies physiologiques provoquées par les conditions thermiques, il conviendra de refroidir les animaux ou les installations dans lesquelles ils se trouvent, ce qui entraînera une augmentation des besoins en eau de qualité du secteur de l'élevage, tandis qu'à l'heure actuelle la consommation en eau de ce secteur se situe entre 3 % et 5 % de la totalité de l'eau consommée par l'agriculture.

Aux conséquences de la température sur chaque espèce, il faut ajouter les conséquences sur l'alimentation : le changement climatique affectera les pâturages, la disponibilité de fourrage et des matières premières utilisées par l'industrie de l'alimentation des animaux. Cependant, la disponibilité de l'alimentation est un thème qui touche au changement global qu'il convient d'amorcer afin d'atténuer le changement climatique et assurer la durabilité de la disponibilité d'aliments pour le pays.

Des activités qui renforcent le changement climatique

Tout en reconnaissant l'impact que le changement climatique peut avoir sur ces secteurs, il faut également tenir compte de l'effet contraire, c'est-à-dire de la manière dont ces secteurs peuvent renforcer l'augmentation des températures. Le secteur de l'élevage est responsable, à l'échelle globale, de 14,5 % des émissions de GES.

En Catalogne, les émissions totales du secteur de l'élevage en 2014 étaient de 4,1 millions de tonnes de CO₂ équivalents, dont près de la moitié, 47,5 % étaient dues à la gestion des fumiers. Par conséquent, ces émissions doivent être réduites pour contribuer à diminuer l'impact sur le changement climatique.

Pour y parvenir, il convient d'améliorer l'efficacité de la production de viande comme de lait. Plusieurs actions pourraient être envisagées, comme l'amélioration de la sélection génétique des animaux avec par exemple la sélection d'animaux d'élevage plus tolérants aux températures, avec plus de capacités de survie et une plus grande résistance aux maladies.

Il convient également de chercher une meilleure efficacité de l'utilisation des nutriments, car une meilleure alimentation des bêtes peut réduire l'empreinte carbone. Les avancées dans de nouvelles disciplines, comme la nutriginomique et la nutriginétique, aideront à adapter les caractéristiques génétiques de chaque espèce et de chaque individu.

D'autres mesures à adopter sont les suivantes : utiliser des additifs pour réduire les émissions de méthane, utiliser les avancées technologiques pour améliorer les exploitations et le bien-être animal, favoriser la production écologique de viande, améliorer la gestion des déchets issus de l'élevage et réduire l'impact environnemental des purins. Dans tous les cas, il ne convient pas seulement de rechercher une réduction de la pollution, mais également d'obtenir une ressource (nutriment, énergie ou autre) permettant d'éviter de l'extraire d'une autre source.

L'avenir des poissons et de la pêche

La pêche côtière présente une réalité et des scénarios de futur préoccupants, comme il a déjà été signalé dans l'analyse de l'impact du changement climatique sur les éco-

systèmes marins et côtiers. Certaines projections situent la diminution des captures à 20 % à la moitié du siècle.

Pour faire face à ce panorama, l'Union européenne propose un changement d'approche dans la gestion de la pêche. Au lieu de gérer les stocks, les écosystèmes seront gérés de sorte que les ressources issues de la pêche ne soient pas simplement traitées comme un produit à capturer avec une répartition de quotas en fonction de la demande de chaque espèce, mais selon une approche holistique.

Par conséquent, il ne s'agira plus de regarder la quantité de certains poissons susceptibles d'être capturés, mais d'appliquer les connaissances et les incertitudes sur les composants biotiques et abiotiques, ainsi que les interactions d'un écosystème.

Il ne s'agit pas d'une approche nouvelle. Elle faisait déjà l'objet d'une proposition de la FAO dans les années quatre-vingt-dix et vise les objectifs suivants : maintenir la viabilité économique de la pêche, stopper la perte de biodiversité et restaurer la productivité du milieu marin. Dans certains endroits du monde, la diminution croissante des stocks de pêche a entraîné la création de zones d'interdiction de pêche et de protection d'habitats comme ceux des prairies de phanérogames.

En conséquence, il convient d'augmenter le niveau de connaissance scientifique et sa diffusion auprès de la population, car cette connaissance objective, contrastée, transversale et holistique doit constituer la base du développement de technologies permettant de maintenir les écosystèmes marins et la pratique de la pêche.

Le défi de l'eau et de la production alimentaire

Le manque de ressources naturelles utilisées en agriculture (principalement de l'eau et des nutriments minéraux), ou une faible efficacité en termes d'utilisation, peut finir par représenter un problème dans le futur dans une population croissante et une société développée. Cette situation de demande croissante de produits agricoles et d'une plus grande intensification de la production dans le but d'obtenir une plus grande productivité par unité de surface et d'entrée, conjointement avec une politique de conservation environnementale claire et volontariste, représente un important défi pour l'agriculture du xx^e siècle.

La nouvelle situation climatique en Catalogne peut conduire à une baisse substantielle de l'eau utilisable pour l'agriculture (principalement en raison des conditions de précipitations irrégulières) et à une augmentation de 7,9 % de la demande en eau des cultures.

D'un point de vue agricole, l'amélioration de l'efficacité de production d'eau doit être un objectif primordial lié à un pari pour l'efficacité qui n'implique pas d'exigences énergétiques ou de gestion très sophistiquée. L'agronomie et le bon sens jouent ici un rôle prépondérant.

Afin de trouver une issue à ces besoins, il convient de promouvoir un système de recherche, développement et innovation qui permette une gestion efficace des res-



L'agriculture consomme environ 75 % de l'eau gérée en Catalogne, qui sert essentiellement à produire des aliments. Exemples d'irrigation par inondation (a), irrigation par aspersion (b) et arrosage goutte à goutte (c).

Source : Jaume Lloveras, Jaume Camps et l'Institut de recherche et technologie agroalimentaires, respectivement.

sources en eau pour l'agriculture afin d'en augmenter l'efficacité (kilogrammes d'aliments produits par mètre cube d'eau utilisé) dans des marges d'efficacité et de durabilité des exploitations.

Il convient également d'aborder la planification et la gestion de l'utilisation de l'eau en Catalogne d'une manière globale et non sectorielle (utilisation agricole, urbaine, etc.), tout en tenant particulièrement compte des effets du changement climatique sur les eaux de la Méditerranée.

3.2. L'énergie et l'industrie : deux secteurs clé pour réduire les émissions de GES

En Catalogne, la production d'énergie primaire, celle qui est extraite de la nature, est insignifiante par rapport à la consommation totale. Par conséquent, le pays a une importante dépendance énergétique vis-à-vis de l'extérieur. Dans ce contexte, et à l'intérieur du modèle énergétique encore hégémonique, les prix des hydrocarbures conditionnent l'économie catalane et la compétitivité des entreprises.

Un modèle énergétique à transformer

Il convient de développer de nouvelles politiques énergétiques pour faire face au changement climatique, consacrées à la réduction de l'utilisation de combustibles fossiles et à l'utilisation plus efficace de l'énergie. L'amélioration de l'efficacité et des économies d'énergie contribueront à atténuer l'empreinte de carbone ainsi que la dépendance énergétique avec l'extérieur, sans oublier les coûts économiques et l'incertitude que cela comporte. Cela implique de miser davantage sur les énergies renouvelables.

Lorsque le TIOCC a été rédigé, les dernières données disponibles relatives à la consommation d'énergie en Catalogne faisaient référence à l'année 2009. Ce sont donc ces données qui y figurent. Dans ce résumé exécutif, ces données ont été remplacées par celles de 2014 qui sont déjà disponibles. La consommation finale (résultat de la transformation de l'énergie primaire moins les pertes causées par cette transformation et le transport) ont baissé progressivement chaque année, davantage en raison de la crise que de changements structurels. En revanche, les pourcentages ont peu varié d'une année sur l'autre.

Les produits dérivés du pétrole représentent pratiquement la moitié de la consommation finale d'énergie : 48,4 %. Viennent ensuite l'énergie électrique, avec 27,2 %, le gaz naturel, avec 20,8 %, les énergies renouvelables, avec 2,8 % et le charbon et les déchets non renouvelables, avec les 0,8 % restants. Par secteurs, c'est le transport qui a la consommation la plus importante, avec 42,3 %. L'industrie consomme 27,3 % ; l'utilisation domestique, avec 15,1 %, les services avec 12,2 % et le secteur primaire avec 3,1 %.

Dans le cas de la Catalogne, l'énergie est responsable de plus de 75 % des GES. Cette donnée nous oblige à repenser le modèle énergétique, au sein duquel les énergies renouvelables doivent prendre une plus grande place, à parier clairement pour une



L'énergie éolienne est fondée sur l'utilisation de l'énergie cinétique du vent pour la transformer en énergie électrique ou mécanique.

Source : Institut catalan de l'énergie. Gouvernement de la Catalogne.

utilisation efficace de l'énergie et à reconsidérer la question de la mobilité pour réduire la dépendance aux combustibles fossiles.

L'énergie nucléaire contribue encore pour une bonne part à la production de l'électricité consommée en Catalogne. Si l'on n'adopte pas de mesures très drastiques et difficiles à mettre en place, il ne sera plus possible de remplacer les énergies fossiles à la fin de leur cycle de vie de quarante ans prévue pour après 2020, par des énergies renouvelables.

C'est pourquoi il convient d'entamer dans les plus brefs délais un débat le plus large possible pour décider de l'avenir de ces centrales nucléaires qui arrivent au terme de leurs quarante années de fonctionnement. Il faudra évaluer les avantages et les inconvénients.

Parmi les premiers, on a pour habitude de dire que ce type d'énergie n'émet pas de GES. Il convient toutefois de nuancer cette affirmation : les centrales produisent des émissions pendant leur construction, ainsi que lorsqu'elles importent un combustible dont la Catalogne ne dispose pas.

Par rapport au cycle de vie, une centrale de vie en fonctionnement met plusieurs années à compenser les GES émis au cours de sa construction. Parmi les inconvénients, on souligne particulièrement le traitement des déchets, la possible dangerosité et les coûts, difficile à évaluer, d'une fermeture définitive.

Il conviendra ensuite de prendre les décisions pertinentes de manière ferme, quelles qu'elles soient. Le TICCC considère qu'il n'est pas prudent de prolonger la durée de vie

d'années en années comme cela a été fait avec une autre centrale située dans l'État espagnol, car, dans ce cas, il ne serait pas possible d'adopter les mesures de sécurité complémentaires qu'exigerait l'allongement de la durée de vie utile pour rentabiliser d'importants investissements.

Il conviendra donc de dresser un bilan rigoureux des coûts qui ne pourra ignorer les coûts d'un démantèlement ou de traitement d'un combustible usé, afin que les décisions n'aient pas de répercussion importante sur le coût de l'énergie produite ou dans des processus qui pourraient finir par incomber à l'État.

On dispose de données relatives aux émissions totales (émissions soumises à la directive et émissions diffuses) de GES en Catalogne (à l'exception d'un pourcentage négligeable). En 2012, le dernier de la seconde période définie par le Protocole de Kyoto, la gestion de l'énergie, comprenant les émissions causées par les activités de combustion du secteur énergétique, industriel, des transports, résidentiel et des services, et les émissions fugitives des combustibles, représentait 75,7 % des émissions totales.

Les processus industriels (sans les émissions énergétiques et de combustion) représentaient 8,3 % ; l'agriculture, 9,5 % ; le traitement et l'élimination des déchets, 6 %, et l'utilisation de dissolvants et autres produits, 0,5 %. Parmi les émissions énergétiques ou de combustion, le transport contribue à hauteur de 36,8 % ; les industries manufacturières et de la construction, 25,2 % ; les industries du secteur énergétiques, 20,2 % ; les secteurs résidentiels et de services ; 17,7 %, et les émissions fugitives de combustibles, 0,1 %.

À partir de 2013, une période au cours de laquelle il n'y a plus de cession gratuite de droits d'émission pour tous les secteurs a été ouverte. Les données des émissions contrôlées par la directive sont disponibles (environ 34 % des totaux) et, bien que les valeurs soient inférieures à celles de 2012, elles restent clairement supérieures à celles qui ont été attribuées, avec le coût conséquent d'acquisition des droits d'émission.

La nouvelle approche européenne en matière d'énergie

L'Union européenne a défini des directives concrètes pour les secteurs résidentiels et de services, pour lesquels des mesures d'efficacité énergétique sont demandées. Dans les secteurs purement énergétiques, comme celui de la production d'électricité, les dernières années ont montré une tendance à la diminution des émissions.

L'Union européenne s'est toujours montrée ambitieuse dans ses plans pour faire face au changement climatique, en tout cas sur le papier. Le paquet législatif sur l'énergie et le climat de l'Union européenne a établi des objectifs 20/20/20 : c'est-à-dire, 20 % de réduction des émissions en Europe par rapport à 1990, 20 % de participation des énergies renouvelables dans le mix énergétique européen et 20 % d'économies de consommation d'énergie primaire. Pour atteindre ces objectifs, l'Union européenne s'est dotée de la Directive d'efficacité énergétique.



La conversion photovoltaïque est basée sur l'effet photoélectrique, c'est-à-dire sur la transformation directe de l'énergie lumineuse provenant du soleil en énergie électrique.

Source : Institut catalan de l'énergie. Gouvernement de la Catalogne.

D'ici 2030, l'Union européenne a défini des objectifs plus ambitieux : un minimum de 40 % de réduction des émissions de GES par rapport à 1990, 27 % de participation des énergies renouvelables dans le mix énergétique et un objectif de 27 % d'efficacité énergétique.

La proposition de la Commission européenne, approuvée par le Conseil fin 2013, fixant comme dernier objectif d'obtenir d'ici 2050 une réduction de 80 % à 95 % des émissions de GES par rapport à 1990 est très ambitieuse. Comme le soulignent plusieurs études, un tel scénario oblige à aller bien au-delà du système de production et de l'utilisation énergétique actuelle.

Il est proposé d'aller vers une union énergétique, avec une politique climatique ambitieuse qui offre aux consommateurs une énergie sûre, durable, compétitive et accessible. Dans le système énergétique du futur, les citoyens sont les acteurs principaux et responsables de la transition énergétique, et doivent avoir la possibilité de choisir et de pouvoir gérer la demande, comme on le fait aujourd'hui avec l'offre.

Ce nouveau modèle n'est pas un pari idéologique, mais une nécessité urgente si l'on tient compte du fait que l'Union européenne importe 53 % de l'énergie avec un coût qui, en fonction des prix des hydrocarbures, a déjà dépassé le milliard d'euros quotidiens.

Différents documents européens définissent les contours de la transition énergétique : sécurité, solidarité et confiance dans le secteur de l'énergie, un marché européen

intégré, une modération de la demande en fonction de l'efficacité énergétique, une économie sans carbone et un pari volontariste pour la recherche, l'innovation et la compétitivité.

En ce qui concerne la Catalogne, limitée dans ses compétences et dont les initiatives doivent s'inscrire dans le cadre des mesures de l'État, l'instrument central est le Plan d'énergie et de changement climatique de Catalogne 2012-2020, dont l'objectif principal est de respecter le scénario fixé par Union européenne pour 2020. Il convient de signaler que la Catalogne est loin d'atteindre cet objectif en ce qui concerne les énergies renouvelables et que, de ce fait, les efforts doivent dès aujourd'hui être beaucoup plus prononcés.

La transition de l'industrie

En Catalogne, l'industrie génère 25 % des émissions globales de GES. Le traitement de matériaux pour les transformer en produits, le secteur chimique et des engrais, l'industrie du papier et le traitement des aliments sont les principaux contributeurs.

76 % des émissions de l'industrie manufacturière catalane sont associées à l'utilisation énergétique, selon les données de 2012. Si on les compare avec les émissions de 2005, on constate une baisse de 40 %, pour laquelle il convient de prendre en compte les effets de crise économique. Les 24 % restants correspondent à des émissions liées à des processus sans combustion, principalement liés à la décarbonatation.

En effet, 90 % des émissions directes de GES de l'industrie catalane ont pour origine l'utilisation de combustibles fossiles pour chaudières et cogénération et dans l'industrie du ciment. Pour cette dernière, il convient de signaler que le processus, avec la calcination de carbonate de calcium, libère inévitablement du CO₂.

Pour ce qui est des politiques d'atténuation dans le secteur industriel, le Gouvernement de la Catalogne a encouragé, outre le de Loi sur le changement climatique (approuvée par le Parlement catalan le 27 juillet 2017), le Programme d'accords volontaires et diverses mesures de promotion de l'économie verte. Grâce à ces accords volontaires, plusieurs entreprises et établissements ont mis en place des mesures, parfois très simples et avec un investissement minimum voire sans aucun coût, visant à réduire les émissions, tout en parvenant à faire des économies énergétiques et financières.

En définitive, l'industrie catalane, malgré des différences selon les secteurs, a fait des pas importants pour s'adapter au changement climatique, bien qu'il reste encore une marge importante d'amélioration et d'innovation.

L'un des défis de l'industrie catalane, outre l'efficacité énergétique, est l'efficacité des matériaux utilisés, élément qui a à voir avec la réduction des pertes de rendement dans la production et avec le recyclage. La diminution de l'utilisation de charbon et de pétrole et l'augmentation de l'utilisation du gaz et des réseaux installés dans les centres de production permettraient de réduire les émissions.

Finalement, et en particulier, la conception des produits a une incidence très importante sur les émissions. L'analyse du cycle de vie, qui inclut tout le processus dans les coûts



Figure 14. Changements adoptés par l'industrie du xxi^e siècle pour améliorer l'efficacité, le recyclage et réduire les émissions de GES.

Source : Composition rédigée par Jaume Josa.

environnementaux, depuis l'obtention des matières premières et la fabrication jusqu'à l'utilisation et la fin de vie utile du produit, peut être un élément clé pour atténuer le changement climatique.

Tous ces défis sont particulièrement importants dans les secteurs qui contribuent le plus à la valeur ajoutée brute de l'économie catalane : les industries de produits alimentaires et de fabrication de boissons, les entreprises chimiques et pharmaceutiques, et les fabricants de véhicules à moteur. La figure 14 montre quelques changements qui doivent contribuer à augmenter l'efficacité et le recyclage et à réduire les émissions de GES.

3.3. La mobilité : une question d'habitudes et de planification

La nouvelle réalité climatique nous oblige à repenser les modèles de transport de personnes et de marchandises afin de favoriser les énergies propres pour la propulsion des véhicules et réduire la mobilité (la distance parcourue par les véhicules).

L'impact du transport sur le changement climatique est également lié à la planification territoriale. Un modèle dispersé induit plus de déplacements. Si le transport public n'offre pas une alternative fiable et attractive, avec un coût de temps et d'argent égal ou exceptionnellement inférieur, l'option du véhicule privé sera difficile à abandonner.

Le transport dans son ensemble, qu'il soit par terre mer ou airs, de personnes ou de marchandises, est un secteur très sensible aux cycles économiques. La crise, au-delà de ses graves conséquences socioéconomiques, a apporté de bonnes nouvelles d'un point de vue environnemental. Le nombre de voyages dans des infrastructures linéaires et les mouvements de véhicules vers les ports, aéroports et gares a diminué, ce qui, par conséquent, a également réduit les émissions. Dans le secteur aérien, les effets conjoncturels se sont moins fait ressentir.

L'impact environnemental de ce secteur se concentre sur les villes et les zones métropolitaines, où vit 70 % de la population européenne. En Catalogne, on observe de très nettes différences entre les trente-six municipalités qui composent la zone métropolitaine de Barcelone (2 % du territoire, mais 43 % de la population) et le reste du territoire.

La majeure partie des déplacements, et donc, le gros des émissions et des polluants locaux, se concentrent dans la zone de Barcelone, de sorte qu'une grande partie des municipalités dispose de plans de protection spéciale de l'environnement atmosphérique.

La directive 2008/50/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 mai, concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe, porte une attention spéciale au secteur des transports et a été un élément déterminant pour la mise en place de plans d'amélioration de la qualité de l'air, bien que nombre de municipalités aient du mal à atteindre les objectifs fixés : par exemple, le Plan de mobilité urbaine de Barcelone prévoit une réduction du trafic de 21 % d'ici 2018, mais les preuves indiquent que

non seulement le trafic ne réduira pas, mais qu'il augmentera d'environ 5 % dans une contexte de récupération économique.

Bien que ces plans soient orientés vers la réduction des polluants locaux, ils ont un effet global sur les GES. Les mesures visent à promouvoir la mobilité active (marcher et utiliser le vélo), le transport public, les véhicules électriques et les véhicules ayant une pastille verte, qui correspond à la certification donnée aux véhicules dont les émissions sont en-dessous d'une certaine valeur.

Elles visent également à améliorer le parc automobile en raison de la vétusté de certains véhicules, dont la rénovation a été ralentie à cause de la crise, et qui ont une consommation plus élevée ou polluent davantage, même s'ils sont moins utilisés.

Pour ce qui est du transport de marchandises, les camions qui parcourent de longues distances ont réduit leurs émissions au cours des deux dernières décennies. Il reste néanmoins beaucoup de chemin à parcourir pour le transfert du transport de marchandises sur routes vers les réseaux ferrés. Le pourcentage de marchandises transportées par train est encore très faible en comparaison avec d'autres pays européens.

L'amélioration des infrastructures ferroviaires et les connexions avec d'autres systèmes de transport, comme les ports, ainsi qu'avec les centres logistiques d'échange, paraissent essentiels pour y parvenir.

Les mouvements de marchandises et de passagers ont diminué dans les ports de Barcelone et de Tarragone. Le défi des bateaux dont la taille requiert de grands moteurs de propulsion est de réduire l'impact des émissions locales par la substitution des moteurs diesel par d'autres moteurs moins polluants.

La crise économique a entraîné une réduction du nombre de mouvements des aéronefs en Catalogne depuis 2008. Le nombre de passagers a en revanche augmenté, et le transport de marchandises est resté stable. En ce qui concerne l'impact environnemental du secteur aéronautique, l'industrie a fait un pari important pour l'innovation, et des entreprises comme Boeing ou Airbus s'engagent clairement pour l'efficacité énergétique des avions.

L'atténuation de l'impact du secteur sur le réchauffement global, qui est très significatif, implique, d'une part, des mesures politiques impopulaires. Limiter l'utilisation du véhicule personnel ou l'accès à certaines zones urbaines, mesure qui permet également de réduire les polluants responsables de la mauvaise qualité de l'air, a tendance à provoquer des plaintes d'un grand nombre d'usagers qui le perçoivent comme un préjudice pour l'accessibilité, du secteur du taxi, de la distribution urbaine de marchandises et du transport de touristes et autres services.

D'autre part, elle conduit à parier sur la recherche de technologies et de véhicules de nouvelle génération, ce qui demande, à l'instar de l'Allemagne, de recourir à une planification qui ne se limite pas, par exemple, à définir davantage de points de charge pour les véhicules électriques, mais également à impliquer l'industrie, les services, les universités et centres de recherche, l'enseignement et la formation professionnelle. C'est le seul moyen d'obtenir une certaine compétitivité dans ce secteur.

Mener à bien le transfert vers des moyens de transport offrant une plus grande capacité et qui génèrent moins d'émissions veut dire mettre à bien des mesures coercitives visant une utilisation réduite du véhicule privé. Ce pari a un prix politique et économique. Il rencontrera également un grand nombre de résistances de la part de l'industrie automobile, mais il paraît indispensable d'un point de vue environnemental en général et, surtout, par rapport au changement climatique.

3.4. Le tourisme : à la recherche de nouveaux modèles

Ces dernières années ont éveillé l'intérêt de la communauté scientifique pour les effets du changement climatique sur le tourisme. Les institutions et le secteur ont contribué au lancement de la recherche sur les relations entre tourisme, adaptation et atténuation, sous forme de publications périodiques ou de monographies spécifiques.

En Catalogne, le tourisme est un moteur économique d'une grande importance : en 2014, il y avait 6 200 établissements offrant 760 000 places touristiques, pour 71,9 millions de nuitées. L'importance stratégique de cette activité, mais également sa vulnérabilité au changement climatique, obligent à améliorer et repenser certaines pratiques du secteur. Pour cela, il convient de faire la différence entre le tourisme balnéaire et le tourisme de neige.

Le tourisme balnéaire, une offre compétitive basée sur des ressources fragiles

La tendance régressive des plages et la raréfaction des ressources hydriques sont les scénarios auxquels doivent faire face le tourisme de soleil et de plage. Les conditions géographiques et urbanistiques ont une influence sur la tendance plus ou moins régressive des plages. Dans ce sens, les études réalisées en Catalogne montrent que les zones les plus touchées se trouvent au sud des ports sportifs, qui rendent le transfert de sédiments plus difficile. À l'inverse, à l'est des ports, lorsque l'arrivée des sédiments n'est pas bloquée, on trouve des plages qui s'agrandissent.

La diminution continue de la ressource plage et l'augmentation de l'offre touristique peuvent entraîner, à moyen terme, la perte de satisfaction du touriste. Cette tendance oblige beaucoup de municipalités côtières à repenser le modèle urbanistique et touristique, et à mettre en place, par des moyens supra-municipaux, une gestion intégrée pour l'ensemble du littoral catalan. Dans tous les cas, l'offre de notre littoral est très compétitive en termes de confort climatique. Elle a également un potentiel permettant d'élargir la demande au-delà de l'été, à cause de l'augmentation thermométrique. À l'inverse, l'augmentation des températures minimales compromet toujours plus le confort thermique pendant les nuits d'été.

Les ressources hydriques constituent le revers de la médaille. La réduction des précipitations en Catalogne prévue par les modèles climatiques, bien qu'encore incertains, impliquera une diminution des principales sources de fourniture d'eau du littoral. Si la température augmente, la demande directe ou indirecte d'eau augmentera également.



La pression des résidents et des touristes ainsi que la perte de sable sur les plages ouvertes mettent en danger le confort et la compétitivité des plages catalanes (plage de s'Abanell, à Blanes).

Source : Projet Playa+.

Ce fait peut provoquer des tensions et des conflits entre le secteur touristique et les autres usagers.

Le tourisme d'hiver, le besoin d'être repensé

Le tourisme de neige est plus vulnérable au changement climatique que le tourisme balnéaire. La viabilité naturelle et technique des stations de ski des Pyrénées soulève de nombreuses questions. Les stations existantes se verraient plus ou moins affectées, et certaines seraient condamnées à disparaître dans les conditions climatiques actuelles.

De manière générale, il est plausible que le niveau de neige augmente. Dans tous les cas, on anticipe une redistribution et une concentration territoriale sur moins de stations. La station de Baqueira-Beret en sortirait bénéficiaire.

Face au manque de neige, beaucoup de stations en ont mis en place la fabrication par des canons, ce qui comporte des coûts économiques, énergétiques et environnementaux élevés. S'il convient de réduire la dépense énergétique et, que l'on dispose de moins d'eau, produire de la neige artificielle peut finir par avoir un coût exorbitant. L'installation de canons à neige est une pratique qui n'est techniquement viable que face à des augmentations de températures inférieures à 2 °C ; face à des augmentations supérieures, cette technique ne serait pas viable.



Randonnée en vélo dans les forêts de Sant Joan de l'Erm (L'Alt Urgell).

Source : Gouvernement de la Catalogne.

Une alternative consisterait à désaisonnaliser et diversifier l'offre touristique, afin de convertir les stations de ski en stations de montagne. Cela impliquerait la mise en place d'activités non hivernales, comme certaines stations le font déjà, et la limitation de l'offre d'activités liées à la neige.

Le tourisme d'hiver n'est pas le seul à devoir relever des défis. L'ensemble des secteurs touristiques devraient prendre davantage de mesures pour augmenter les économies et améliorer l'efficacité énergétique. Ils devraient également promouvoir un type de tourisme durable, avec plus de certifications environnementales.

3.5. Les déchets : du problème à la ressource

L'identification des déchets en tant que ressource de valeur peut permettre de réduire la consommation de ressources et, par conséquent, les différents impacts environnementaux, parmi lesquels le réchauffement global de la planète généré par les émissions de GES.

La diminution de la production de déchets en Catalogne est constatée depuis 2007, notamment en ce qui concerne les déchets industriels et les gravats. En ce qui concerne les déchets solides municipaux, entre 2011 et 2013, on est passé de 1,47 kg de déchets/personne/jour à 1,30 kg de déchets/personne/jour (voir le tableau 3). Il est probable que la crise économique explique cette tendance.

Les déchets provenant de l'élevage, notamment les purins de porc, ont été touchés par la fermeture d'usines de cogénération et de traitement des purins, conséquence d'une

politique qui donnait une priorité excessive au bénéfice de la production d'énergie par rapport à la gestion des déchets. En 2015, le ministère de l'Agriculture, de l'Élevage, de la Pêche, de l'Alimentation et du Milieu naturel du Gouvernement de la Catalogne a mis en place un changement de modèle dans la gestion des purins de la part des exploitations.

TABEAU 3 Les déchets en Catalogne pendant les années 2000, 2007 et 2013

	Année 2000	Année 2007	Année 2013
Industriels (Mt)*	5,6	5,4	3,6
Municipaux (Mt)	3,5	4,3	3,6
Gravats (Mt)	5,5	10,7	2,3
Population (nombre d'habitants)	6 090 040	7 210 508	7 553 650

* Déchets secondaires non inclus.

Source : *Premier rapport sur le changement climatique en Catalogne, Deuxième rapport sur le changement climatique en Catalogne* et élaboration propre à partir des données de l'Agence des déchets de Catalogne.

Source : *Troisième rapport sur le changement climatique en Catalogne*, 2016.

La gestion et le traitement des déchets municipaux génèrent, directement et indirectement, des émissions de GES. Les émissions directes sont causées par la dégradation biologique et par la combustion des résidus et sont produites par les opérations de gestion des déchets, tandis que les émissions indirectes sont produites en dehors des opérations de gestion (par exemple, les émissions de la production d'électricité consommée).

Pour comptabiliser les émissions de GES, l'Agence des déchets de Catalogne (ADC) utilise depuis 2011, l'outil CO2ZW, Carbon Footprint Tool for Waste Management in Europe.

L'approche méthodologique suivie prend en compte les émissions futures des dépôts contrôlés associées aux déchets produits dans le présent, de sorte qu'elle ne coïncide pas totalement avec l'approche utilisée dans les inventaires nationaux d'émissions, élaborés en suivant les méthodes du GIEC. Ces derniers inventaires incluent seulement les émissions du processus. Ils ne comprennent pas les usines de valorisation énergétiques dans le chapitre des déchets (elles figurent dans le chapitre sur l'énergie, à l'exception de l'incinération sans récupération énergétique), ne prennent pas en compte les émissions évitées grâce à la récupération matérielle et énergétique et, enfin, ils n'incluent pas non plus le transport de déchets dans le chapitre sur les déchets (il figure dans le chapitre général sur le transport).

En appliquant la méthodologie de l'ARC, les émissions générées par les déchets municipaux en Catalogne en 2013 sont de 1 440 861 t de CO₂ équiv. Par contre, les émissions évitées, provenant de la valorisation matérielle et énergétique, atteignent -730 369 t de CO₂ équiv. À partir de ces chiffres, l'empreinte de carbone par habitant se situerait entre 94 kg de CO₂ équiv./habitant en 2013.

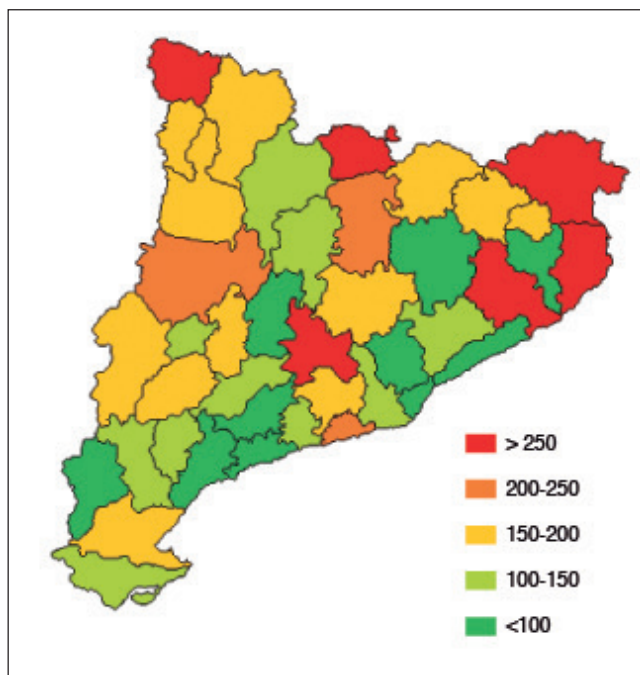


Figure 15. Empreinte carbone (émissions générées et évitées) de la gestion des déchets municipaux des régions de la Catalogne en 2013.

Source : *Troisième rapport sur le changement climatique en Catalogne*, 2016.

Les dépôts contrôlés, qui émettent d'importantes quantités de méthane, malgré la captation de biogaz, sont ceux qui contribuent le plus aux émissions. Le transport interurbain de déchets y contribue peu, de l'ordre de 1 % (le transport urbain de collecte et le transport de déchets secondaires n'ont pas été pris en compte). Par ailleurs, la collecte sélective contribue à réduire l'empreinte carbone du secteur.

L'utilisation de biogaz est un élément clé pour réduire les émissions, qu'il soit utilisé comme source d'énergie à haut rendement pour remplacer le gaz naturel ou qu'il soit récupéré dans des

usines de digestion anaérobie et des sites d'enfouissement. Une meilleure gestion de la fraction organique des déchets municipaux, dans le système de collecte, dans le type de transport et dans la taille des installations peut également contribuer à réduire les émissions.

À l'échelle locale, en 2013, 80 % des municipalités catalanes avaient une empreinte carbone située entre 38 kg de CO₂ équiv./habitant et 296 kg de CO₂ équiv./habitant. À l'échelle des régions, les zones les plus dépendantes des dépôts contrôlés sont celles qui ont les empreintes carbone les plus élevées, tandis que les régions avec de meilleurs index de collecte sélective présentent des empreintes carbone par habitants plus faibles. La figure 15 montre les données par régions.

La réduction de la consommation de ressources constitue l'un des principaux objectifs, tant pour son aspect environnemental que pour son aspect économique. Une manière efficace de les réduire est de considérer le déchet comme une ressource avec de la valeur ; c'est-à-dire, encourager le recyclage et la réutilisation au lieu de voir le déchet comme une chose à éliminer ou cacher. Le recyclage consiste à récupérer des matériaux et à éviter qu'ils soient gérés par un traitement final, comme l'incinération ou la décharge, qui sont des émetteurs nets de GES. La figure 16 montre le poids total des déchets de papier, de plastique et d'aluminium municipaux et industriels collectés de manière sélective en 2013 en Catalogne.

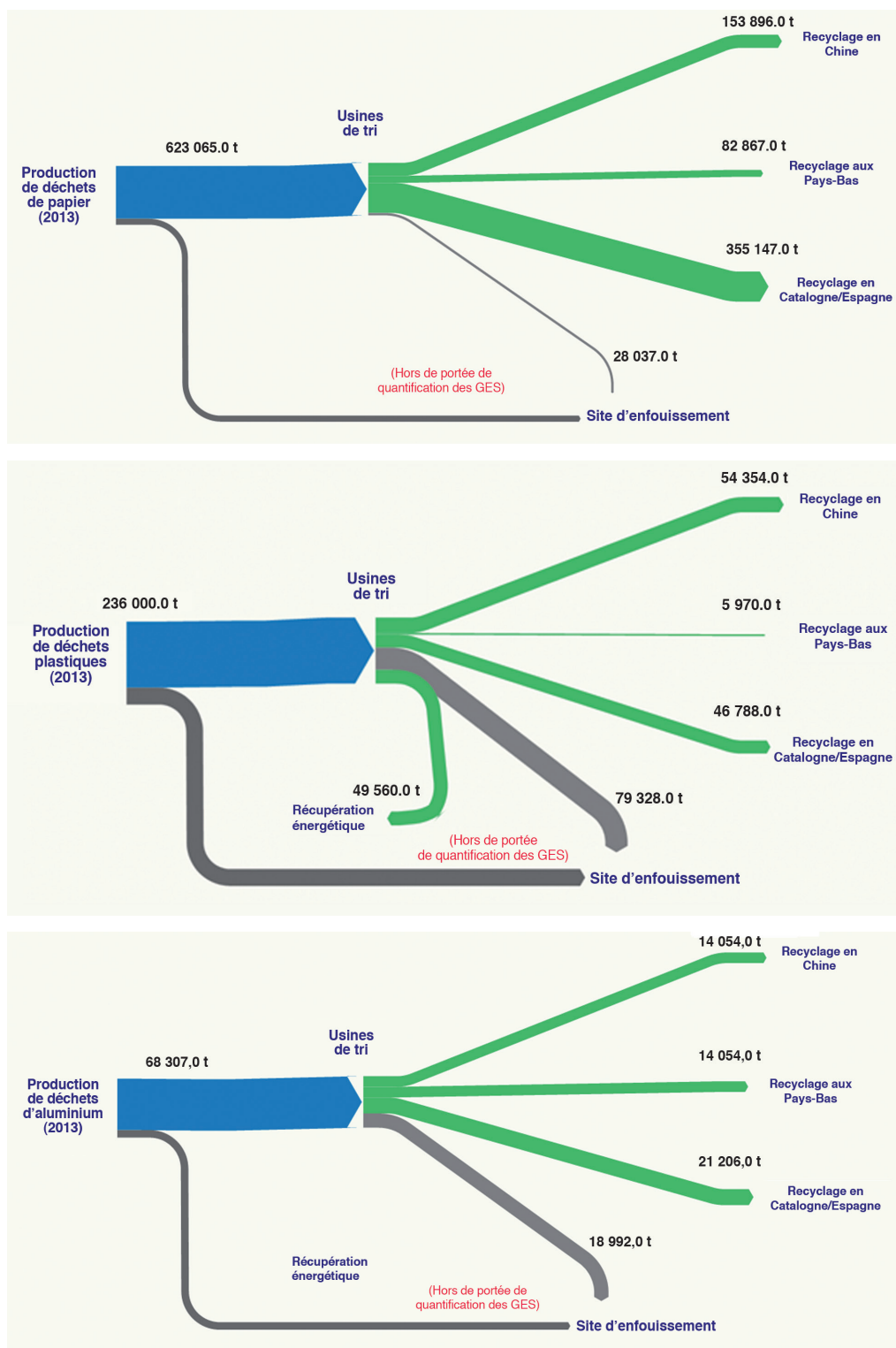


Figure 16. Flux des déchets municipaux et industriels de papier, de plastique et d'aluminium, respectivement, collectés de manière sélective en Catalogne en 2013.

Source : *Troisième rapport sur le changement climatique en Catalogne*, 2016.

L'éco-conception est l'un des aspects clé pour faciliter le recyclage. Il implique une utilisation plus efficiente des matériaux dans la production ainsi qu'une planification, car lorsque la vie utile arrive à son terme, les matériaux doivent facilement pouvoir être séparés et réutilisés ou recyclés. Il est également important d'utiliser des méthodologies telles que l'analyse du cycle de vie, qui évalue les émissions générées pendant le recyclage, qui en produit également, ainsi que les émissions évitées par l'utilisation de matériaux non vierges.

Il faut enfin prêter attention au cycle de l'eau. Cette ressource est extraite, transportée, distribuée, utilisée, déversée et épurée. Ce processus génère des émissions. Le calcul des émissions de GES dérivés du cycle de l'eau des réseaux urbains en Catalogne montre une émission de 395 g CO₂ équiv./m³ d'eau consommée. En tenant compte du volume d'eau consommée en Catalogne en 2013 (environ 560 millions de mètres cubes), l'on parle d'émissions de 220 639 t de CO₂ équiv./an ou 29 kg de CO₂ équiv./habitant/an.

L'amélioration de la gestion intégrée des eaux résiduelles, des usines de potabilisation et des systèmes de distribution d'eau pour la consommation humaine serait une manière de réduire ces émissions.

3.6. Le changement climatique affecte la santé

Les vagues de chaleur et de froid, la pollution atmosphérique, les incendies de forêts, les allergies, les maladies transmises par des vecteurs comme les moustiques, entre autres phénomènes, pouvant être associés au changement climatique, ont des conséquences sur la santé humaine. Les effets varient notablement selon les populations et les territoires analysés, mais à l'échelle globale on s'accorde à considérer le changement climatique comme la menace la plus importante pour la santé.

Les facteurs individuels et sociaux, ainsi que le type d'activité professionnelle déterminent un degré plus ou moins élevé de vulnérabilité, mais les effets sont universels. En ce qui concerne la Catalogne, les groupes de population les plus vulnérables sont les personnes âgées, à partir de soixante-cinq ans et spécialement les malades chroniques, les nouveau-nés, les femmes enceintes, les malades mentaux, les milieux défavorisés et certaines professions à risque.

Les milieux défavorisés, présentant les pires indicateurs de santé, sont les plus vulnérables au changement climatique car ils vivent généralement dans des logements plus anciens, mal climatisés (fait souvent aggravé par la pauvreté énergétique qui les touche), dans des zones avec moins d'espaces verts et bleus (eau).

En ce qui concerne les effets de la chaleur sur la santé, il est à noter que les décès et les hospitalisations associés à des températures élevées sont principalement dus aux maladies cardiovasculaires, maladies respiratoires, maladies mentales, maladies du rein et diabète, avec une prévalence plus élevée au sein de la population des personnes les plus âgées. Différentes études montrent qu'en Catalogne, lors d'épisodes de vagues de chaleur, la mortalité augmente de 20 % parmi les personnes âgées de soixante à

soixante-dix ans et de 40 % dans la frange quatre-vingts à quatre-vingt-dix ans. En ce qui concerne les grossesses, de récentes études établissent une relation entre le risque de naissances prématurées et la chaleur.

Actuellement en Catalogne, 40 % du nombre total des décès attribués à la chaleur se produisent lors d'épisodes de chaleur extrême qui n'ont pas été catalogués parmi les vagues de chaleur. On estime qu'en 2050, les décès liés à des épisodes de chaleur pourraient être multipliés par huit et atteindre plus de 2 500 décès par an, bien que ces estimations ne prennent pas en compte une éventuelle adaptation aux températures plus élevées, qui pourrait nuancer cette augmentation.

Les effets sont aggravés dans les grandes villes en raison du phénomène connu sous le nom d'*îlot de chaleur urbain* : une zone avec des températures plus élevées que dans les zones rurales qui l'entoure. Les environnements métropolitains sont également ceux qui présentent les indices les plus élevés de pollution atmosphérique causée par les véhicules. Les vagues de chaleur coïncident généralement avec des épisodes de stagnation de l'air qui rendent plus difficile la dispersion des polluants et les concentrent près de la surface, ce qui augmente les effets nocifs sur la santé.

L'exposition aux particules en suspension, habituelles dans les zones urbaines dans lesquelles le trafic est concentré, a une forte incidence sur les maladies respiratoires et cardiovasculaires : dans la zone métropolitaine de Barcelone, on estime à 3 500 le nombre de décès prématurés causés par la pollution de l'air.

L'ozone est un gaz qui, lorsqu'il se trouve dans la stratosphère, nous protège des rayons ultraviolets du soleil. Cependant, l'ozone troposphérique, qui se trouve au niveau dans lequel se développe la vie, est un polluant secondaire très dangereux, créé à partir de la lumière solaire combinée aux polluants générés par la circulation, tels que les oxydes d'azote et les composés organiques volatiles.

Les polluants secondaires sont des polluants primaires qui réagissent avec la vapeur d'eau ou la radiation lumineuse et qui génèrent de nouvelles substances. Il est fréquent de voir les niveaux de ces polluants augmenter pendant l'été, lors de situations anticycloniques. Si les concentrations sont élevées, elles peuvent provoquer une aggravation des problèmes respiratoires, des difficultés dans le développement cognitif et une diminution du rendement, accompagnée d'un malaise général.

Il convient également de prendre en compte le fait que les vents en provenance du Sahara, qui transportent des quantités importantes de poussières dans le sud de l'Europe, affectent la qualité de l'air. La toxicité des poussières du Sahara est aggravée lorsqu'elles sont mêlées aux autres sources de pollution, comme les émissions industrielles ou les pesticides. Par ailleurs, l'augmentation des températures a des effets directs sur les plantes, qui modifient leur distribution et leur cycle phénologique, ce qui a pour conséquence une augmentation potentielle des crises d'asthme et des allergies.

Les preuves scientifiques démontrent que les taux de développement, de survie et de reproduction des organismes à sang froid, tels que les moustiques, augmentent avec

l'augmentation de la température. Par conséquent, les changements de température et de modèle de précipitations favorisent également les conditions permettant la prolifération des moustiques et des tiques, vecteurs de maladies.

Ce phénomène peut entraîner une augmentation des cas de malaria, dont la présence a déjà été constatée à d'autres époques en Catalogne, et de maladies qui jusqu'alors étaient absentes de notre territoire, comme le hikungunya.

En ce qui concerne les mesures permettant d'atténuer le changement climatique, les experts recommandent la prolifération d'espaces verts dans les zones les plus peuplées. Ils proposent également d'encourager le transport public et les déplacements à pied ou à vélo, deux mesures qui permettent de réduire les émissions de CO₂ et la pollution environnementale, mais également de réduire l'obésité et le surpoids de la population, d'améliorer la santé mentale et de réduire les accidents de la route ainsi que les dépenses de santé.

3.7. Repenser le territoire

L'augmentation des zones vertes dans les zones les plus peuplées, que nous venons de présenter comme une mesure de santé, constitue également un élément supplémentaire dans la planification territoriale et urbaine. Ces dernières années, de nombreux outils et instruments ont été conçus pour élaborer des plans d'énergie, d'adaptation, d'amélioration de la qualité de l'air, etc. Les outils de planification territoriale et urbanistique, ainsi que *l'évaluation environnementale stratégique* y contribuent également et apportent un regard novateur sur les espaces ouverts, les espaces protégés et l'espace urbain.

Cette nouvelle analyse des capacités et des limites d'un territoire incorpore le concept de *biocapacité*, compris comme la capacité de régénération de la nature. Par conséquent, les territoires dotés d'une biocapacité élevée, préservant la diversité et la complexité du système, relèvent mieux les défis environnementaux.

Cette approche varie en fonction des types de territoires observés. Les espaces ouverts, c'est-à-dire les territoires ayant été interprétés comme *sol non urbanisable*, ont traditionnellement été évalués selon une perspective productive.

Cependant, la compréhension des zones agricoles ou forestières, des espaces protégés ou tout simplement des paysages comme des biens organiques ou passifs correspond à une vision obsolète aujourd'hui minoritaire. De plus, l'augmentation de la population urbaine a contribué à la dynamique des espaces ouverts, qui ont souffert d'un appauvrissement des habitats et des écosystèmes. La tendance internationale actuelle est de considérer les espaces ouverts comme des infrastructures vertes.

En ce qui concerne les espaces protégés, ceux-ci préservent une part importante de la biodiversité et présentent des niveaux de perturbation anthropique plus faibles, ce qui favorise les cycles vitaux des espèces et la conservation des écosystèmes. Dans tous les cas, il s'agit d'espaces très sensibles aux modifications des conditions environnementales. Il est par conséquent essentiel d'effectuer un suivi de l'affectation des perturbations climatiques et d'évaluer le rôle important qu'elles jouent pour faire face à ces altérations du climat.

En Catalogne, les espaces protégés occupent un tiers du territoire et ont différents niveaux de protection. Les espaces naturels sont déterminants pour l'atténuation et l'adaptation au changement climatique. Il convient donc de réviser la loi 12/1985 du 13 juin, relative aux espaces naturels, sur la base d'une approche plus stratégique, plus écologique et moins naturaliste (le service qui prime sur la protection en soi), avec des critères d'efficacité.

L'espace urbain, quant à lui, a été géré et planifié sans tenir compte, par exemple, du cycle de l'eau et des déchets, des paysages ou du manque de diversité biologique. Le développement de l'écologie urbaine a transformé le point de vue sur les villes. Deux idées se dégagent de cette nouvelle perspective : en premier lieu, les caractéristiques des couronnes qui les entourent conditionnent les flux de chaque ville et de l'extérieur, en second lieu, les aires urbaines sont également des mosaïques.

D'un point de vue écologique, la planification et la conception urbaine doivent prendre en compte les structures anthropiques (infrastructures), les zones résidentielles, commerciales et industrielles, et, en particulier, les espaces verts, les parcs urbains et périurbains, les zones d'agriculture urbaine et les corridors verts, entendus comme système.

La prise en compte des villes à partir de toutes ces dimensions les rend moins vulnérables aux crises écologiques et plus équitables. En même temps, elles remplissent de nouvelles fonctions, comme celles présentées au paragraphe précédent sur l'augmentation des zones vertes pour améliorer la santé.

Pour réduire les émissions de GES, cette vision écologique des espaces urbains doit se concrétiser par des mesures d'adaptation. L'une d'elle consiste à concevoir et construire des bâtiments avec une faible demande énergétique, facteur qu'il convient également de prendre en compte pour les réhabilitations de bâtiments.

Compte-tenu de la durée de vie de la majeure partie des bâtiments, une conception inadaptée peut entraîner une perte considérable d'années pour la réduction des émissions. Il convient de définir des mesures permettant une utilisation rationnelle de l'eau, pour la réduction des déchets, en favorisant la réutilisation et le recyclage de matériaux, et pour réduire l'utilisation des véhicules particuliers, entre autres éléments d'une planification plus durable.

3.8. Le défi des montagnes

La Catalogne est un pays montagneux. Selon les critères utilisés par le TICCC, entre 30 et 50 % de la surface de la Catalogne correspond à une zone montagneuse. À l'instar des zones de montagne du monde, la montagne catalane vit d'importantes transformations démographiques, culturelles, économiques et écologiques.

Le réchauffement mondial touche les régions de montagne sur deux principaux aspects : d'une part, l'augmentation des événements extrêmes comme les inondations et les glissements de terrain, et, d'autre part, des effets graduels liés à des processus biophysiques, comme l'augmentation des températures estivales.

Les montagnes catalanes connaissent déjà les effets du changement climatique, notamment dans les Pyrénées, où la presque totalité des neiges éternelles a disparu en raison de l'augmentation des températures estivales, et où l'on constate un raccourcissement de l'hiver, ce qui affecte les communautés rurales et le tourisme.

Dans les zones de montagne, à l'impact du changement climatique s'ajoute une suite de transformations associées à la mondialisation de l'économie : on assiste à des mouvements d'émigration et d'immigration de la population, les politiques d'aide à l'agriculture de l'Union européenne pour le maintien ou l'abandon de ces pratiques et, en cas d'abandon, l'homogénéisation et la croissance du paysage forestier qui sont l'une de ses conséquences les plus importantes. À l'heure actuelle, on assiste à la naissance et à l'augmentation de certaines demandes concernant l'espace rural, notamment pour des usages de loisirs, de paysages, de conservation ou à caractère culturels. Ainsi, les économies rurales vivent un processus de tertiarisation qui entraîne un processus d'adaptation difficile des régions de montagne.

L'identité et la dynamique propres aux zones de montagne (les Pyrénées, Ports de Beseit, El Montseny, etc.), bien différenciées des zones qui les entourent bien qu'elles y soient étroitement liées, permettent de les comprendre comme une unité socioécologique. Il s'agit d'une région dans laquelle société et nature forment un système très complexe mais très lié, et dans laquelle les politiques d'adaptation se trouvent face à des défis sociaux, économiques et de conservation. Tout cela en fait des éléments déterminants pour les politiques d'adaptation et d'atténuation du changement climatique.



Pâturage de vaches brunes des Pyrénées, un exemple d'élevage extensif de montagne.

Source : Gouvernement de la Catalogne.

Le point de départ pour l'adaptation est de définir clairement les possibles scénarios de futur pour les zones de montagne, les schémas mentaux et les actions associées qui configurent ces régions. À partir de diverses recherches, nous trouvons quatre schémas mentaux ou discours de la ruralité dans le cas des Pyrénées : le discours conservateur, le discours entrepreneurial, le discours agricole et les discours du développement endogène

Le discours conservateur met l'accent sur les espaces naturels protégés en tant qu'éléments clés pour la dynamisation économique et sociale. L'entrepreneur considère le tourisme et la construction comme les plus solides actifs des zones de montagne. Le discours agriculteur fait le pari de l'agriculture et plus particulièrement de l'élevage en tant qu'activités génératrices de biens et de services à forte valeur pour la société. Enfin, le développement endogène, critique envers le modèle essentiellement tourné vers le tourisme et la construction, fait le pari de la diversification économique et de la participation active de la population locale dans la prise de décisions.

À partir des schémas mentaux décrits et d'une analyse de différentes stratégies de développement observées dans d'autres régions de montagne, différents instruments et formes de gestion sont proposés pour s'adapter à la nouvelle réalité.



La Serra del Cadí, le Sègre et la ville d'Alàs de La Seu d'Urgell (L'Alt Urgell).

Source : Marisa Tartera. Archive du Conseil régional de L'Alt Urgell.

Premièrement, la cogestion, qui s'entend comme la construction de nouvelles formes d'organisation sociale en réseaux horizontaux. Cela correspondrait à la gestion du territoire et à la gestion adaptative, par exemple. Deuxièmement, l'intensification, qui se centre sur les entreprises et exploite le potentiel productif de chaque zone. Troisièmement, l'innovation sociale, qui est également étroitement liée au tempérament entrepreneurial, mais qui explore de nouvelles activités, comme les nouvelles cultures ou les nouveaux métiers. Enfin, la diversification, qui définit une base économique la plus large possible.

Dans tous les cas, l'adaptation des régions de montagne catalanes, et en particulier des Pyrénées, au changement climatique, demande de définir le modèle socioéconomique en prenant compte les pertes et profits que représente chaque action pour les différents secteurs.

4^e PARTIE



La gouvernance et la gestion du changement climatique

4.1. Engagements internationaux et politiques propres

La chute du mur de Berlin, en 1989, a changé la face du monde. Le processus de globalisation de l'économie et le rôle des économies émergentes, en particulier celles de la Chine et de l'Inde, ont entraîné, entre autres nombreux effets, une augmentation de 51 % des émissions énergétiques mondiales au cours de la période 1990-2012.

Dans une économie globalisée qui affronte des crises écologiques diverses, l'Organisation des Nations unies représente le seul instrument de gouvernance à l'échelle globale. Bien que l'organisation de la prise de décisions soit améliorable, elle a permis de mettre en œuvre les Conférences des parties, qui constituent le principal instrument de lutte contre le changement climatique.

La Conférence de Copenhague sur le changement climatique, qui s'est tenue en 2009, a généré une grande déception car elle n'a pas rempli les grandes attentes qu'elle avait suscitées. En revanche, elle a été la première occasion au cours de laquelle les États-Unis et la Chine se sont réellement impliqués dans la lutte contre le changement climatique.

Les conférences suivantes ont chaque constitué une avancée remarquable, bien que parfois modeste en apparence. La Conférence de Durban a permis de retrouver la transparence et la confiance perdues lors des négociations de Copenhague.

La Conférence de Doha a permis d'approuver la deuxième phase du Protocole de Kyoto sans la présence du Japon, de la Russie et du Canada. La Conférence de Varsovie a permis de faire un nouveau pas vers les contributions volontaires de chaque état. La

Conférence de Lima a de nouveau révélé les désaccords entre les pays développés et les pays non développés, selon les critères officiels. Enfin, la COP21, à Paris, à la fin de l'année 2015, a permis de retrouver un consensus et de parvenir à la signature d'un accord par tous les pays.

Il faut ajouter d'autres avancées significatives, comme l'acceptation des entités sous-nationales (*subnations*) comme concept dans les documents officiels de l'Organisation des Nations unies. Les démarches internationales du Bureau catalan du changement climatique, avec le soutien des gouvernements africains, ont été déterminantes pour que les documents préparatoires à la Conférence de Paris reconnaissent le rôle clé joué par les autorités sous-nationales et locales dans la lutte contre le changement climatique.

Il est en effet aujourd'hui pleinement accepté que les accords internationaux entre les états requièrent le complément des entités sous-nationales, du monde local ainsi que la participation et l'implication des scientifiques, chefs d'entreprise, représentants des organisations non gouvernementales et de l'ensemble de la population.

La politique de l'Union européenne, qui considère la lutte contre le changement climatique comme l'une des priorités, dispose de plusieurs directives et règlements. Le programme de l'énergie et du climat a pour objectif d'ici 2030 une réduction de 40 % des émissions internes par rapport à 1990. D'ici 2050, elle définit l'objectif ambitieux de 80 à 85 % de réduction des émissions par rapport à 1990. Pour atteindre ces objectifs, l'Union européenne encourage les énergies renouvelables, la création d'un marché européen des droits d'émissions, l'efficacité énergétique et une réduction des émissions dans la gestion des déchets, le transport et les bâtiments.

Les États, tels que l'Espagne, ont plus ou moins rapidement mis en place des plans nationaux pour adapter les différentes directives de l'Union européenne. En Catalogne, le gouvernement dispose du Bureau catalan du changement climatique et d'une commission interdépartementale spécifique en la matière.

Ces dernières années, dans le cadre de la stratégie catalane contre le changement climatique, le Plan d'énergie et de changement climatique de la Catalogne 2012-2020 et la Stratégie catalane d'adaptation au changement climatique, horizon 2013-2020, ont été mis en place.

En Catalogne, le monde local, au moyen du Pacte des maires pour le climat et l'énergie, mis en place par la Commission européenne, et de plusieurs outils et réseaux d'aide à la gouvernance, est particulièrement impliqué contre le changement climatique, malgré les limites de compétences, économiques et techniques. Dans tous les cas, l'adaptation au changement climatique oblige à opérer un changement de gouvernance à l'échelle locale.

4.2. Le commerce d'émissions

Depuis 2005, le fait de mettre un prix aux émissions de CO₂ a représenté un pas important pour la réduction des émissions, en particulier des secteurs industriels. En

résumé, il s'agit, pour les états, les industries et les entreprises n'ayant pas rempli les objectifs de réduction d'émission, d'acheter des droits à d'autres entités qui les ont respectés. Ainsi, l'objectif global, qui réduit chaque année, est maintenu. Celui qui a rempli ses objectifs peut recevoir un bénéfice ajouté, tandis que le fait de ne pas avoir respecté son engagement entraîne une dépense.

Bien que le marché des émissions, dans son sens le plus large, peut être considéré comme un mécanisme d'action global, le système de commerce le plus important et le plus développé à ce jour est le régime européen de commerce de droits d'émission (EU ETS), auquel participent tous les états membres de l'Union européenne, ainsi que l'Islande, la Norvège et le Liechtenstein, et qui couvre les émissions de plus de douze mille installations industrielles et plus de huit cent opérateurs de lignes aériennes.

Les secteurs inclus dans la Directive de commerce de CO₂ représentent près de 45 % des émissions de GES d'Europe, qui représentent près de 11 % des émissions énergétiques de GES du monde. Il s'agit donc de l'instrument central de la politique de l'Union européenne pour atteindre les objectifs et de climat d'ici 2020.

En 2014, 153 installations étaient soumises au régime de commerce en Catalogne. Au total, elles ont émis 13,2 Mt de CO₂ équiv., c'est-à-dire 3,85 Mt de CO₂ équiv. de plus que les assignations reçues gratuitement, ce qui représentait près de 35 % des émissions catalanes. Le secteur de la production d'électricité était le secteur le plus déficitaire.

Le défi consistait à ce que le marché d'émissions soit réellement global et qu'il puisse trouver des mécanismes permettant de rendre l'offre plus flexible dans des situations de variations inattendues de la demande. La création d'une banque centrale de droits efficace et l'évolution des accords signés à Paris ont marqué le futur des marchés de CO₂.

4.3. La recherche sur le changement climatique en Catalogne

En 2015, la Catalogne comptait quatre-vingt-huit groupes reconnus par le Gouvernement de la Catalogne travaillant sur le changement climatique. La recherche, très variée, est principalement menée par sept universités, par les centres CERCA (Centres de recherche de Catalogne) et par les centres du Conseil supérieur de recherches scientifiques.

La mesure et la réduction des niveaux de CO₂ et de l'effet de serre sont les deux thématiques qui génèrent le plus de production scientifique (2009-2014), suivies à distance, par les sécheresses, la qualité de l'air et l'augmentation du niveau de la mer. Les trois articles les plus cités correspondent à une recherche du Centre du changement climatique de l'Université Rovira i Virgili et à deux recherches publiées par le Centre de recherche écologique et applications forestières (CREAF). Au cours de la période 2011-2014, les chercheurs catalans ont publié 3 643 articles sur les thèmes liés au changement climatique indexés sur le site Web of Science, dont 13 ont été publiés dans la revue *Nature* et 4 dans la revue *Science*.

Dans la période analysée, les groupes catalans ont obtenu 310 projets européens, 111 projets pour le secteur privé et 3 projets de l'European research council (ERC). Depuis 2010, ils ont obtenu 171 projets du Plan national convoqués par l'État espagnol.

Parmi les projets ayant reçu un soutien européen, notamment celui de l'ERC, il convient de souligner le projet Imbalance-P, mené par le CREAF. Il est également important de mentionner la participation de l'Institut de recherche en énergie de Catalogne, en tant que responsable du domaine des énergies renouvelables, au sein du KIC InnoEnergy de l'Union européenne, une institution qui met en relation actifs, talents et ressources. En ce qui concerne les projets européens collaboratifs, il convient de souligner le projet Field-AC, dirigé par le Laboratoire d'ingénierie maritime de l'université polytechnique de Catalogne, qui utilise les satellites pour contrôler les zones côtières.

Le financement est l'un des grands défis des groupes menant des travaux de recherche sur le changement climatique en Catalogne. Le Gouvernement de la Catalogne mène une politique complémentaire aux convocations de projets de recherche sur le changement climatique qui proviennent de ressources de l'État ou de l'Union européenne. Dans le cadre européen, l'une des inconnues reste de savoir si le Plan Juncker apportera de fonds pour la recherche et l'innovation pour le changement climatique.

Le financement des projets européens est deux fois supérieur à celui des projets compétitifs espagnols. Les universités catalanes et les centres CERCA jouent un rôle important pour la collecte de ressources.

Depuis une décennie, le Gouvernement de la Catalogne a fait un pari stratégique pour capter de nouveaux talents dans ce domaine. Les convocations de l'Institution catalane de recherche et études approfondies (ICREA) constituent le projet phare et ont permis à de brillants scientifiques de s'établir en Catalogne. Dix-sept chercheurs ICREA travaillent sur des thèmes liés au changement climatique.

Par ailleurs, le Plan Serra Húnter a été lancé en 2013 pour incorporer des professeurs d'un niveau de recherche élevé dans les universités catalanes.

4.4. La perception publique du changement climatique

La population se montre préoccupée par les effets du changement climatique. Elle réclame de nouvelles façons de recevoir l'information et d'avoir accès à la connaissance scientifique. Le récit catastrophiste et parfois sensationnaliste, centré sur les risques et les impacts, entraîne une certaine lassitude. L'alternative est de développer de nouvelles procédures et de nouveaux réseaux d'action qui génèrent un type de connaissance utile à la recherche de solutions viables face au défi du changement climatique.

Il s'agit d'un objectif essentiel. Sans la prise de conscience de la population, afin qu'ils acceptent les mesures prises ou qu'ils en mettent en place à l'échelle individuelle, il sera très difficile de lutter contre le changement climatique.

L'une des stratégies possibles pour dépasser les anciennes façons de communiquer et de diffuser l'information repose sur ce que l'on appelle les *communautés d'apprentissage*.

Les agents et les organisations qui opèrent dans les interfaces entre la science, la politique et la population doivent intervenir et être reconnus pour construire un nouveau récit et de nouvelles formes d'action. La création de communautés d'apprentissage peut se convertir en catalyseur de la transformation socioenvironnementale.

En ce qui concerne la perception du changement climatique, plusieurs recherches montrent une augmentation de la complexité dans la manière d'interpréter le phénomène. Pour les uns, le changement climatique représente une grande menace globale ; pour les autres, il représente une opportunité économique permettant de repenser le cadre de travail et augmenter la qualité de vie.

Dans le cadre de l'Union européenne, l'opinion publique espagnole est la plus convaincue que le changement climatique constitue une opportunité pour relancer l'économie et l'emploi. Par ailleurs, les Espagnols figurent parmi les plus critiques à l'égard des politiques environnementales de leur gouvernement et se montrent préoccupés par les effets du changement climatique sur la santé.

En ce qui concerne l'information, l'Espagne est l'un des pays de l'Union européenne dans lesquels la population se sent la moins informée sur les questions environnementales et qui a le moins confiance dans les moyens de communication, notamment la télévision. Les sources considérées comme les plus fiables sont celles qui proviennent des groupes écologistes et des scientifiques, tandis que les informations provenant des administrations, des syndicats et des entreprises sont considérées comme les moins fiables.

En Catalogne, le gouvernement fait un suivi de l'opinion publique sur le changement climatique depuis 2010. Pour les Catalans, la pollution en général et la pollution de l'air sont les phénomènes qui suscitent le plus de préoccupation. En troisième lieu apparaît le changement climatique, suivi des déchets.

Les processus de transmission de la connaissance scientifique sur le changement climatique à l'ensemble de la société sont complexes. Une étude récente sur la communication du *Cinquième rapport d'évaluation* du GIEC en Espagne et en Catalogne renforce l'idée selon laquelle il convient de repenser l'ancien modèle de communication unidirectionnel et centré sur les risques, les impacts et la vulnérabilité.

Par ailleurs, les vingt agents choisis pour l'étude et l'analyse de contenu effectué à partir d'articles de presse confirment que le récit traditionnel est encore prépondérant. Ils soulignent unanimement la tendance, plus visible sur les nouveaux supports électroniques, vers un nouveau modèle plus complexe de création de sens, ouvert et multidirectionnel.

Les nouveaux outils permettent de choisir les secteurs auxquels on souhaite faire parvenir un message déterminé. Les campagnes de masse ne sont plus nécessaires. Il suffit d'envoyer des informations concrètes aux groupes auprès desquels elles auront le plus d'impact ou seront les plus nécessaires. C'est-à-dire qu'il s'agit d'établir un modèle visant à segmenter les publics et les utilisateurs de la connaissance, qui répondent plus aux critères qu'à ceux de l'offre.

4.5. Des solutions complexes pour un phénomène complexe

D'un point de vue politique, l'Accord de Paris est considéré comme un succès. L'assistance d'un grand nombre de dirigeants mondiaux et l'habileté de la diplomatie française dirigée par Laurent Fabius ont contribué à ce succès. Dans tous les cas, la COP21 représente un saut qualitatif et un changement de modèle de la communauté internationale pour affronter le changement climatique. L'Accord est entré en vigueur en novembre 2016, après avoir été ratifié par 55 parties, représentant 55 % des émissions totales.

Le grand défi est de valider et de consolider le changement du modèle de Kyoto (*top-down*, c'est-à-dire, qui définit des objectifs qui doivent obligatoirement être assumés par les états) par celui de Paris (*bottom-up*, de sorte que le respect des accords dépend de l'initiative des états et de leur engagement).

L'Accord de Paris a une grande incidence sur le cadre juridique de l'Union européenne et de tous les niveaux de l'administration. L'Europe est en cours de réforme du système de commerce d'émissions pour l'adapter aux engagements généraux de réductions de la COP21. Les administrations espagnole et catalane devront renforcer les actions, mettre à jour les stratégies et impulser de nouveaux plans et programmes d'exécution.

Aux nombreuses initiatives du Gouvernement de la Catalogne au cours des dernières années, vient s'ajouter la Loi sur le changement climatique en Catalogne, approuvée par le Parlement catalan le 27 juillet 2017 et publiée au Journal officiel du Gouvernement de la Catalogne le 1^{er} août 2017.

Annexe

Les personnes qui ont rendu possible le TICCC

Direction et coordination

COMITÉ DE DIRECTION

Javier Martín-Vide
Coordinateur scientifique du *Troisième rapport
sur le changement climatique en Catalogne*
(TICCC)

et du Groupe d'experts sur l'évolution
du climat en Catalogne

Oriol Puig i Godes
Directeur du Service météorologique
de Catalogne

Arnau Queralt i Bassa
Directeur du Conseil consultatif pour le
développement durable de la Catalogne

Joandomènec Ros i Aragonès
Président de l'Institut d'études catalanes

Salvador Samitier i Martí
Responsable du Bureau catalan
du changement climatique

SECRÉTARIAT TECHNIQUE

*Conseil consultatif pour le développement
durable :*

Fina Ambatlle i Espuñes
Raquel Ballesteros Arenas
Sílvia Cañellas Boltà
Mercè Garcia Botet
Meritxell Rota i Claret

*Groupe d'experts sur l'évolution du climat
en Catalogne :*

Rosa Maria Bosch i Casadevall

Institut d'études catalanes :

Rosa Franquesa i Bonet

Bureau catalan du changement climatique :

Gabriel Borràs Calvo
Iñaki Gili Jáuregui

Service météorologique de Catalogne :

Marc Prohom i Duran

Spécialistes

AUTEURS

Ander Achotegui-Castells
Vicenç Acuña Salazar
Jennifer Albrand
Josep M. Alcañiz Baldellou
Vicent Altava Ortiz
Dolores Asensio Abella
José M. Baldasano Recio
Júlia Barba Miralpeix
Adrià Barbeta Margarit
Antoni Barrera Escoda
Mireia Bartrons Vilamala
Xavier Basagaña Flores
Meritxell Batalla Mercadé
Ramon J. Batalla Villanueva
Jaume Boixadera i Llobet
Carles Borrego More
Montserrat Busto Navines
Andrea Butturini
Àngels Cabello Gómez
Nuno Caiola
Josep Calbó Angrill
Eva Calvo Costa
Marta Camino
Jordi Camins Just
Mar Campins Eritja
Josep Canadell Gili
Jofre Carnicer Cols
Jordi Catalan Aguilà
Bernat Claramunt López
Jordi Corominas Dulcet
Jordi Cunillera Graño
Francisco Doblas-Reyes
Marc Estiarte Garrofé
Miquel Estrada Romeu
Gerard Farré-Armengol
Ramon Farreny Gaya
Marisol Felip i Benach
Maria Teresa Felipó Oriol
Àlvar Feliu Jofre
Marcos Fernández-Martínez
Iolanda Filella Cubells

Xavier Font Segura
Rosa Maria Fraguell Sansbelló
Inmaculada Funes Mesa
Xavier Gabarrell Durany
Francesc Gallart Gallego
Emili García-Berthou
Manel García-León
Carles García Sellés
Javier García-Serrano
Albert Gargallo-Garriga
Josep Garriga Sala
Ramon Garriga Saperas
Stéphanie Gascón García
Joan Girona Gomis
M. Belén Gómez Martín
María Gonçalves Ageitos
Carles Gracia Alonso
Vicente Gracia Garcia
Oriol Grau Fernández
Virginie Guemas
Jaume Josa i Pons
Daijun Liu
Lei Liu
Maria del Carme Llasat Botija
Pilar Llorens Garcia
Jaume Lloveras Vilamanyà
Rosa Llurba Huguet
Joan Carles Llurdés Coit
Joan Llusà Benet
Feliu López i Gelats
Rafael Marcé Romero
Olga Margalef Marrassé
Carolina Martí Llambrich
Eugènia Martí Roca
Javier Martín-Vide
Carles Martínez Gasol
Èrica Martínez Solanas
Josep Mas-Pla
Xavier Mayor Farguell
Margarita Menéndez López
Clara Montaner Augé
César Mösso Aranda
Isabel Muñoz Gracia
Daniel Nadal Sala
Juan Emilio Nieto Moreno

Romà Ogaya Inurriagarro
Josep Oriol Ortiz i Perpiñà
Krijn Paaijmans
Josep Pascual Massaguer
Diana Pascual Sánchez
Guille Peguero Gutiérrez
Carles Pelejero Bou
Josep Peñuelas Reixach
Eduard Pla Ferrer
Sergi Pla Rabes
Josefina Plaixats Boixadera
Rosa M. Poch Claret
Isabel Pont i Castejón
Megan Popkin
Laurent Pouget
Catherine Preece
Marc Prohom Duran
Xavier Quintana Pou
Pere Quintana Seguí
Javier Retana Alumbrreros
Anna Ribas Palom
Laura Rico Cabanas
Joan Rieradevall Pons
Albert Rivas-Ubach
Marta G. Rivera Ferre
Francesc Robusté Anton
Ismael Romeo Garcia
Joandomènec Ros i Aragonès
Lluís Rovira i Pato
Santi Sabaté Jorba
Francesc Sabater Comas
Sergi Sabater Cortés
Agustín Sánchez-Arcilla
Anabel Sánchez Plaza
Jordi Sardans Galobart
David Saurí Pujol
Robert Savé Montserrat
Maria Teresa Sebastià Álvarez
Josep Maria Serena Sender
Joan Pau Sierra Pedrico
Rafel Simó Martorell
Dominik Sperlich
Constantí Stefanescu
Maria Eugenia Suárez Ojeda
Jordi Sunyer Deu

Joan David Tàbara Villalba
Melodia Tamayo Moreno
Montserrat Termes Rifé
Jaume Terradas Serra
Marco Turco
Andreu Ubach
Ifigenia Urbina
Jordi Vayreda Duran
Irma Ventayol i Ceferino
Aleixandre Verger Ten
Laura Vergonyós Pascual
Gara Villalba Méndez
Maria Vives Ingla
Chris Wheat
Chao Zhang

RÉVISION SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

Ferran Ballester Díez
Enric Ballesteros Sagarra
Ileana Bladé Mendoza
Denis Boglio
Manola Brunet India
Pere Casals Tortras
Jordi Catalan Aguilà
Josep Dolz Ripollés
Xavier Domene Casadesús
Xavier Duran Escriba
Arturo Elozegi Irurtia
Marta Estrada Miyares
Jaume Font Garolera
Félix Francés García
Miquel Gayà Porcel
Iñaki Gili Jáuregui
Damià Gomis Bosch
Miquel Grimalt Gelabert
Carles Ibáñez Martí
Lluís Inglada Renau
Agustí Jansà Clar
Josep Enric Llebot Rabagliati
Gisela Loran Benavent
Emilio Martínez Ibarra
Mariano Marzo Carpio

Carme Miralles Guasch
Marc Montlleó Balsebre
Ramon Moreno Amich
Rafael Mujeriego Sahuquillo
Jorge Olcina Cantos
Valerià Paül Carril
Enric Pol Urrutia
Jaume Porta Casanellas
Narcís Prat Fornells
Ignasi Puig Ventosa
Ana Romero Càlix
Romualdo Romero March
Pep Salas Prat
Josep Lluís Salazar Máñez
Juan Sánchez Díaz
David Serrat Congost
Joan Manuel Soriano López
Aurelio Tobías Garcés
Patrizia Ziveri

CONSEIL LINGUISTIQUE ET CORRECTION

*Service de correction linguistique de l'Institut
d'études catalanes :*

Josep M. Mestres i Serra, chef du service
Kàtia Oliver Vila
Anna de Pablo Puig
Anna Serra Zamora

ÉDITION

*Entité autonome du Journal officiel
et des publications du Gouvernement
de la Catalogne :*

Raimon Alamany i Sesé,
sous-directeur général des publications
Lluís Prat i Francisco,
chef du service de production et des services
éditoriaux
Josep M. Carmona Vallejos
Vicenç Petit Garcia
Marc Sacases Guardia

